Buku Teks Bahan Ajar Siswa

KURIKULUM 2013

Paket Keahlian:
Teknik Inventarisasi dan Pemetaan hutan

Pengukuran dan Perpetaan Digital



KELAS
XII
SEMESTER 5

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia

HALAMAN FRANCIS

Buku berjudul “Pengukuran dan Perpetaan Digital” akan mencakup bagaimana melakukan pengukuran dengan peralatan sederhana, receiver GPS, dan teodolit. Pengolahan data hasil pengukuran ini dilakukan secara manual dan dengan menggunakan aplikasi komputer. Dimana pengolahan data dengan penggunaan komputer akan lebih ditekankan karena faktor kecepatan dan kesalahan-kesalahan karena banyaknya data yang harus diolah bisa dihindari. Begitu juga pemetaannya akan ditekankan pada penggunaan aplikasi Sistem Informasi Geografis.

Buku ini merupakan kompetensi yang harus dikuasai sebelum mempelajari Buku-Buku : *Memahami Pengelolaan Hutan, Melakukan Penataan Hutan, Melakukan Pembukaan Wilayah Hutan, Melakukan Perisalahan (Inventarisasi Hutan), Melakukan Kegiatan Produksi Benih, Melakukan Kegiatan Pembibitan Tanaman Hutan, dan Menerapkan Teknik-Teknik KonservasiTanah dan Air.*

Manfaat dari penguasaan kompetensi ini di bidang kehutanan adalah untuk melakukan pengukuhan kawasan hutan. Sedangkan di luar bidang kehutanan keterampilan ini bisa dimanfaatkan untuk melakukan kegiatan Survey Investigasi dan Disain dibidang perkebunan, pengukuran persil tanah di bidang keagrariaan. Penguasaan kompetensi ini akan sangat berguna dalam melakukan perencanaan di semua bidang kehutanan seperti Bidang Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, PHKA, Bina Produksi Kehutanan dan Planologi Kehutanan. Begitu juga banyak bidang-bidang lain yang membutuhkan keterampilan ini, sementara sampai saat ini sumberdaya manusia yang menguasai teknologi ini masih sangat kurang.

KATA PENGANTAR

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Kehutanan dilaksanakan dengan tujuan untuk menyiapkan peserta didik yang cerdas, terampil, mandiri, berkepribadian dan berakhlak mulia, serta memiliki daya saing tingkat Nasional maupun Internasional dalam mendukung pembangunan kehutanan. Selain itu Pendidikan menengah kejuruan merupakan suatu pendidikan yang lulusannya diharapkan dapat bekerja, melanjutkan ke jenjang yang lebih tinggi dan berwirausaha. Sebagai salah satu upaya untuk mencapai maksud dan tujuan pendidikan tersebut, setiap sekolah mengembangkan mata pelajaran.

Pembuatan Modul *Pengukuran dan Perpetaan Digital* ini bersifat dinamis mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan perkembangan pembangunan kehutanan. Oleh karena itu, buku ini akan terus disesuaikan dan dikembangkan mengikuti perkembangan ilmu dan teknologi. Dengan demikian diharapkan mutu hasil pendidikan menengah kejuruan kehutanan dapat terus meningkat sesuai dengan standar kompetensi yang telah ditentukan. Modul ini merupakan materi pembelajaran dan bahan referensi bagi peserta didik dan para pendidik pengampu mata ajaran, guna menambah dan mengembangkan wawasan dan pengetahuan sesuai dengan tuntutan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan perkembangan pembangunan kehutanan.

Dengan tersusunnya modul *Pengukuran dan Perpetaan Digital* ini, kami menyampaikan penghargaan dan terimakasih kepada pihak yang telah berupaya melengkapi materi pembelajaran SMK Kehutanan. Semoga modul ini bermanfaat.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

STRUKTUR KURIKULUM SMK KEHUTANAN

BIDANG KEAHLIAN : AGRIBISNIS DAN AGROTEKNOLOGI

PROGRAM KEAHLIAN : KEHUTANAN

MATA PELAJARAN		X		XI		XII	
		1	2	3	4	5	6
KELOMPOK A (Wajib)							
1.	Pendidikan Agama dan Budi Pekerti	3	3	3	3	3	3
2.	Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan	2	2	2	2	2	2
3.	Bahasa Indonesia	4	4	4	4	4	4
4.	Matematika	4	4	4	4	4	4
5.	Sejarah Indonesia	2	2	2	2	2	2
6.	Bahasa Inggris	2	2	2	2	2	2
KELOMPOK B (Wajib)							
7.	Seni Budaya	2	2	2	2	2	2
8.	Prakarya dan Kewirausahaan	2	2	2	2	2	2
9.	Pendidikan Jasmani, Olahraga & Kesehatan	3	3	3	3	3	3
KELOMPOK C (Kejuruan)							
C1. Dasar Bidang Keahlian							
10.	Fisika	2	2	2	2	0	0
11.	Kimia	2	2	2	2	0	0
12.	Biologi	2	2	2	2	0	0
C2. Dasar Program Keahlian							
13.	Silvika	2	2	0	0	0	0
14.	Silvikultur	4	4	0	0	0	0
15.	Ilmu Ukur Kayu	2	2	0	0	0	0
16.	Pengukuran dan Pemetaan Hutan	3	3	0	0	0	0
17.	Dendrologi	3	3	0	0	0	0
18.	Simulasi Digital	2	2	0	0	0	0
19.	Penyuluhan kehutanan	2	2	0	0	0	0

MATA PELAJARAN		X		XI		XII	
		1	2	3	4	5	6
C3. Paket Keahlian							
20.	Paket Keahlian 1 : Teknik Inventarisasi dan Pemetaan Hutan						
	1. Aplikasi Sistem Informasi Geografis	0	0	6	6	8	8
	2. Inventarisasi Hutan	0	0	6	6	8	8
	3. **Pengukuran dan Pemetaan Digital**	0	0	6	6	**8**	8
	Paket Keahlian 2 : Teknik Rehabilitasi dan Reklamasi Hutan						
	1. Teknik Rehabilitasi dan Reklamasi	0	0	6	6	8	8
	2. Teknik Konservasi Tanah dan Air	0	0	6	6	8	8
	3. Teknik Agroforestry	0	0	6	6	8	8
	Paket Keahlian 3 : Teknik Produksi Hasil Hutan						
	1. Inventarisasi Pada Hutan Produksi	0	0	6	6	8	8
	2. Pemanenan Hasil Hutan	0	0	6	6	8	8
	3. Pengujian Kayu Bulat	0	0	6	6	8	8
	Paket Keahlian 4 : Teknik Konservasi Sumberdaya Hutan						
	1. Inventarisasi Keanekaragaman Hayati	0	0	6	6	8	8
	2. Pembinaan Habitat Dan Populasi	0	0	6	6	8	8
	3. Ekowisata	0	0	6	6	8	8
JUMLAH (A + B + C)		**48**	**48**	**48**	**48**	**48**	**48**

GLOSARIUM

Data	:	Gambaran dari sekumpulan fakta, konsep atau instruksi yang tersusun dalam suatu cara atau bentuk yang formal sehingga sesuai untuk komunikasi, interpretasi atau pemrosesan secara manual atau otomasi; Data adalah keterangan atau bahan nyata yang dapat dijadikan dasar kajian (analisis atau kesimpulan)
Informasi	:	Data yang telah diproses/diolah dan mengandung arti bagi penerima untuk pengambilan keputusan pada suatu saat tertentu dan kebutuhan tertentu.
Data digital	:	Data yang telah diolah dalam bentuk atau format yang dapat dibaca oleh komputer.
Data spasial	:	Data yang menunjukkan suatu lokasi , memiliki aspek keruangan dan bersifat kuantitatif
Data non spatial	:	Data yang menerangkan data keruangan yang disertainya.
Data dasar	:	Data yang terdapat pada peta dasar yang dibuat untuk kepentingan umum ataupun dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan (bukan untuk tujuan khusus)
Data Numerik	:	Data yang merupakan atribut dari data spasial atau data lain yang tidak terkait dengan aspek keruangan
Data dasar kehutanan	:	Data dasar yang ada pada peta dasar dan data dasar untuk kepentingan pembangunan kehutanan yang belum terdapat pada peta dasar, yaitu penunjukan kawasan, penutupan dan penggunaan lahan, DAS dan administrasi kehutanan.
Basis Data (Database)	:	Koleksi dari sekumpulan data yang berhubungan atau terkait satu sama lain, disimpan dan dikontrol bersama dengan suatu skema atau aturan yang spesifik sesuai dengan struktur yang dibuat

Dataset/Data Utama	:	Suatu set data (kumpulan data) terstruktur yang mempunyai tema dan atribut yang sama
Peta dasar	:	Peta yang memuat data dasar permukaan bumi yang biasanya dibuat untuk kepentingan umum bukan untuk tujuan khusus atau sektoral. Data yang dimaksud antara lain topografi, sungai, jalan, anotasi, administrasi dan penutupan lahan.
Layer	:	Jenis data yang masing-masing dapat dibedakan berdasarkan temanya.
Tic	:	Titik ikat yang digunakan sebagai registrasi untuk merubah coverage pada unit meja ke dalam unit yang sesungguhnya, dalam hal ini dalam unit UTM.
Base	:	Garis yang membatasi daratan dan perairan.
Frame	:	Cakupan peta yang oleh Bakosurtanal sudah ditentukan sesuai dengan skala peta
Sistem informasi geografis	:	Suatu sistem informasi berbasiskan komputer yang mengacu pada lokasi geografi dan dapat diolah dengan komputer untuk memperoleh hasil analisis yang diperlukan
Perangkat keras	:	Perangkat fisik komputer beserta kelengkapannya
Perangkat lunak	:	Program yang berfungsi untuk mengendalikan kerja komputer dalam memproses data

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Buku "PENGUKURAN DAN PERPETAAN DIGITAL" ini merupakan salah satu mata pelajaran yang diajarkan pada kelas XII dan berisi tentang ruang lingkup pengukuran dan perpetaan secara digital yang dapat digunakan pada berbagai bidang teknis, misalnya tata kelola ruang daerah, areal hutan dan bidang pekerjaan yang memerlukan pengukuran dan perpetaan digital untuk kepentingan studi kelayakan, perencanaan, penataan hutan serta pengelolaan manajemen bidang kehutanan. Selain itu, dalam buku ini dibahas juga tentang dasar-dasar pengukuran dan perpetaan digital serta penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk pemetaan areal hutan.

Buku ini tidak hanya menyajikan teori semata tetapi juga ada aplikasi praktek tentang pengukuran dan pemetaan hutan secara digital serta data dan informasi yang dibutuhkan untuk membuat areal kerja bidang kehutanan menggunakan SIG. Data dan informasi akan diuraikan berdasarkan penggunaannya sehingga menjadi lebih aplikatif untuk pembelajaran tingkat SMK dalam bidang Kehutanan. Sehingga diharapkan peserta didik dapat memahami konsep pengukuran dan pemetaan digital, memahami data dan informasi yang dibutuhkan dalam SIG serta penggunaan aplikasi SIG untuk pemetaan areal hutan.

Buku pelajaran ini harus betul-betul dikuasai oleh peserta didik, karena merupakan prasyarat untuk dapat mempelajari standar kompetensi yang lain seperti : Inventarisasi Hutan, Pembukaan wilayah hutan, Penataan Hutan. Penguasaan kompetensi ini akan sangat berguna dalam melakukan perencanaan di semua bidang kehutanan seperti Bidang Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, PHKA, Bina Produksi Kehutanan dan Planologi Kehutanan. Begitu juga banyak bidang-bidang lain yang membutuhkan keterampilan ini,

sementara sampai saat ini sumberdaya manusia yang menguasai teknologi ini masih sangat kurang.

B. Prasyarat

Buku ini digunakan untuk membantu proses pembelajaran peserta didik kelas XII untuk mata pelajaran Pengukuran dan Perpetaan Digital sehingga sebelum mempelajari buku ini, peserta didik diharapkan sudah menguasai konsep dan praktek pengukuran dan pemetaan hutan sederhana, inventarisasi hutan dan dapat menggunakan atau mengoperasikan komputer dalam penunjang kelancaran pembelajaran Pengukuran dan Pemetaan Hutan Digital serta aplikasi SIG dalam pemetaan areal hutan.

C. Petunjuk Penggunaan

Penggunaan buku ini dirancang sebagai bahan pembelajaran mata pelajaran Pengukuran dan Perpetaan Digital sehingga pemahaman tentang teori harus selaras dengan aplikasi teknis yang sesuai. Untuk lebih memudahkan dalam memahami buku ini dapat melalui langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pelajari daftar isi dengan cermat dan teliti sehingga dalam proses pemahamannya lebih urut dan sesuai dengan materi.
2. Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pekerjaan dengan benar untuk mempermudah dalam memahami suatu proses pekerjaan, sehingga diperoleh hasil yang optimal.
3. Pahami setiap teori dasar yang akan menunjang penguasaan materi dengan membaca secara teliti.
4. Bilamana terdapat evaluasi maka kerjakan evaluasi tersebut sebagai sarana latihan untuk lebih memahami teori yang telah dijelaskan dan sarana latihan terkait dengan materi pelajaran.
5. Apabila ada praktek dalam pembelajarannya, harap dilakukan dengan sebaik-baiknya untuk lebih memahami materi.

6. Jawablah tes formatif dengan jawaban yang singkat dan jelas serta kerjakan sesuai dengan kemampuan Anda setelah mempelajari buku pengukuran dan perpetaan digital ini.
7. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan bila perlu konsultasikan hasil penugasan tersebut kepada guru/ instruktur.
8. Catatlah semua kesulitan Anda dalam mempelajari buku pelajaran ini untuk ditanyakan pada guru/ instruktur pada saat tatap muka di kelas atau pada saat praktek di lapangan.
9. Bacalah referensi lain yang ada hubungan dengan materi buku pelajaran ini agar Anda mendapatkan pengetahuan tambahan.
10. Penambahan referensi yang terkait dengan materi Pengukuran dan Perpetaan Digital sangat disarankan untuk memperkaya khazanah keilmuan dalam bidang aplikasi digital untuk penataan areal hutan.

D. Tujuan Akhir

Tujuan akhir dari pembelajaran buku Pengukuran dan Perpetaan Digital ini adalah peserta didik mempunyai kemampuan untuk :

1. Mendeskripsikan Alat ukur tanah digital berdasarkan penggunaannya
2. Mengecek kelayakan pakainya alat ukur tanah digital sesuai standar teknis
3. Merawat alat ukur tanah digital berdasarkan standar teknis
4. Menggunakan alat ukur tanah digital berdasarkan standar teknis
5. Menentukan pembacaan rambu berdasarkan skala alat
6. Menentukan pembacaan azimut berdasarkan skala alat
7. Menghitung jarak datar berdasarkan kepada kedudukan rambu vertikal.
8. Mendeskripsikan Data dan informasi yang butuhkan untuk pemetaan kawasan menggunakan aplikasi SIG dalam bidang kehutanan berdasarkan standar teknis.
9. Mendeskripsikan Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk pemetaan areal hutan.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Buku Pengukuran dan Perpetaan Digital ini memiliki kompetensi Inti sebagai berikut :

1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.
3. Memahami, menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif dalam ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
4. Mengolah, menalar, menyaji, dan mencipta dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

Kompetensi Dasar (KD) mata pelajaran Pengukuran dan Perpetaan Digital ini adalah :

1. Mengamalkan ajaran agama yang dianutnya pada pembelajaran pengukuran dan perpetaan digital sebagai amanat untuk kemaslahatan umat manusia.
2. Menyadari kebesaran Tuhan yang mengatur karakteristik hutan.
3. Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan praktik dan berdiskusi.

4. Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan belajar di hutan dan melaporkan hasil kegiatan.
5. Menerapkan pengukuran secara digital.
6. Melaksanakan pengukuran areal hutan secara digital.

F. Cek Kemampuan Awal

Dalam rangka mengetahui kemampuan awal peserta didik terhadap materi pembelajaran, berikut ini tersedia daftar pertanyaan yang harus dijawab.

Berilah check point (√) pada setiap uraian di dalam Tabel 1 berikut dan isilah sesuai dengan kemampuan anda yang sebenarnya.

Tabel 1. Kriteria kemampuan awal peserta didik terhadap materi pembelajaran

NO	KD	URAIAN	KRITERIA		KETERANGAN
			YA	TIDAK	
1.	I	Peserta didik dapat menggunakan alat ukur tanah digital	○	○	Apabila anda menjawab **YA,** jelaskan dengan tepat !
2.	II	Peserta didik dapat melakukan pengukuran dengan alat ukur tanah digital	○	○	Apabila anda menjawab **YA,** jelaskan dengan tepat !
3.	III	Peserta didik dapat mendiskripsikan penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk pemetaan areal hutan	○	○	Apabila anda menjawab **YA,** deskripsikan dengan tepat !

NO	KD	URAIAN	KRITERIA		KETERANGAN
			YA	TIDAK	
4.	IV	Peserta didik dapat melakukan pemetaan areal hutan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG)	◯	◯	Apabila anda menjawab **YA,** deskripsikan dengan tepat !

Nilai yang diperoleh peserta didik kemudian dikategorikan sesuai dengan status penguasaan standar kompetensi sesuai pada tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Status penguasaan standar kompetensi peserta didik

Penguasaan Hasil Belajar	Tingkat Penguasaan	Kriteria	Tindak Lanjut
Belum Menguasai	< 70 %	kurang	***Mengulangi lagi kegiatan pembelajaran secara keseluruhan***
Sudah Menguasai	70 % – 79 %	cukup	***Penguatan dan pengayaan dengan bimbingan guru terhadap materi yang belum tuntas***
	80 % – 90 %	Baik	***Penguatan dan pengayaan melalui belajar mandiri terhadap materi yang belum tuntas***
	> 90 %	baik Sekali	***Dapat langsung melaksanakan evaluasi untuk mengukur ketuntasan belajar***

II. PEMBELAJARAN

Kegiatan Pembelajaran 1. Menerapkan Pengukuran Secara Digital

A. Deskripsi

Pengukuran dan perpetaan digital merupakan mata pelajaran yang mempelajari tentang alat ukur tanah digital terutama yang digunakan di bidang kehutanan. Materi yang dipelajari mulai dari pengertian dan pengenalan alat ukur digital, deskripsi dan standar kelayakan sampai dengan perawatan alat ukur.

Pengukuran dan perpetaan digital juga mengaplikasikan penggunaan SIG dalam bidang kehutanan antara lain untuk pemetaan areal kerja, penataan hutan serta pembukaan wilayah hutan dan bidang kehutanan yang lainnya. Dalam buku ini dipaparkan aplikasi teknis beberapa alat pengukuran dan perpetaan digital misalnya GPS dan Theodolite Digital.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembelajaran, peserta didik dapat :

a. Mendeskripsikan Alat ukur tanah digital berdasarkan penggunaannya.
b. Mengecek kelayakan pakainya alat ukur tanah digital sesuai standar teknis.
c. Merawat alat ukur tanah digital berdasarkan standar teknis.
d. Menggunakan alat ukur tanah digital berdasarkan standar teknis.

2. Uraian Materi

a. Pengertian Pengukuran dan Perpetaan Areal Hutan

Ilmu Ukur Tanah atau Pengukuran Terestris adalah salah satu ilmu yang paling tua dan sangat penting yang sudah dipraktekkan manusia, karena sudah sejak dahulu kala telah dirasakan perlunya menandai batas-batas dan pemetakkan tanah. Catatan sejarah paling kuno yang ada dan langsung menyangkut pokok masalah pengukuran tanah, menunjukkan bahwa

ilmu ini bermula dari Mesir kuno. Herodotus menyatakan bahwa Sesostris (1400 SM.), telah mempetak-petakkan tanah di Mesir menjadi kapling-kapling untuk tujuan perpajakan. Dan kemudian ketika banjir sungai Nil menyapu tanda-tanda batas sebagian dari kapling-kapling tersebut, para juru ukur ditugaskan untuk mengukur dan menata kembali tanda-tanda batasnya. Juru ukur kuno ini disebut perentang tali, karena mereka melakukan pengukuran dengan tali yang diberi tanda pada setiap satuan jarak. Berawal dari Mesir kuno, maka Heron (120 tahun SM.), seorang pemikir Yunani kuno mengembangkan ilmu ukur (Geometri) yang selanjutnya diterapkan dalam Ilmu Ukur Tanah atau pengukuran terestris.

Perkembangan selanjutnya dari ilmu pengukuran ini adalah datang dari orang-orang Romawi. Kemampuan rekayasa orang-orang Romawi ditunjukkan oleh pekerjaan-pekerjaan pengukuran lahan dan konstruksi, peralatan-peralatan yang lebih teliti dikembangkan dan digunakan antara lain groma digunakan untuk membidik dan libella; suatu rangka berbentuk huruf "A" dengan sebuah bandul (unting-unting) yang digunakan untuk menyipat datar serta chrobates sebuah batang lurus horizontal kira-kira sepanjang 8,75 m dengan kaki-kaki penyangga dan sebuah lekukan tepat ditengah-tengah bagian atas berisi air yang berfungsi sebagai nivo. Selanjutnya sampai selama abad pertengahan, ilmu orang-orang Yunani dan Romawi tersebut dipelajari dan dikembangkan oleh orang-orang Arab.

Dalam abad 19 ilmu pengukuran lahan maju pesat, kebutuhan peta-peta dan batas-batas teritorial menyebabkan Inggris dan Perancis serta kemudian negara-negara Eropa lainnya melaksanakan pengukuran permukaan bumi yang lebih luas dan lebih teliti. Selama Perang dunia ke I dan II ilmu pengukuran serta peralatan dasarnya digunakan dan dikembangkan secara maksimal untuk keperluan militer, sehingga dalam banyak hal terdapat perbaikan instrumen-instrumen dan metoda yang dipakai dalam melaksanakan pengukuran dan pemetaan wilayah.

Sekarang, pemetaan dengan kamera foto udara, citra satelit dan alat GPS, telah menggantikan metode pengukuran terristris untuk wilayah yang luas, misalnya pada kegiatan penetapan titik-titik kontrol geodesi. Akan tetapi untuk wilayah yang lebih sempit peralatan dan metode-metode pengukuran terristris masih tetap penting dan belum tergantikan, misalnya untuk menetapkan batas-batas pemilikan tanah pribadi dan tanah negara, pengukuran guna pengukuhan kawasan hutan, penatagunaan dan penataan hutan, perencanaan dan pemanfaatan hutan, rehabilitasi lahan dan konservasi tanah, pengukuran konstruksi untuk pembangunan jaringan jalan, jembatan, bendungan, pembangunan kota dan pemukiman baru dan lain-lain.

Kegiatan pengukuran tanah dalam rangka pengumpulan data lapangan untuk keperluan penyajian peta dan profil tanah dengan benar dan baik, antara lain ditentukan oleh jenis alat ukur tanah yang digunakan. Jenis alat ukur tanah yang digunakan disesuaikan dengan tujuan pengukuran dan ketelitian yang diinginkan atau dipersyaratkan dalam tujuan tersebut, hal ini berkaitan dengan metode dan teknik pengukuran yang dilaksanakan serta ketelitian alat ukur. Alat ukur tanah adalah semua alat ukur yang dapat dipergunakan untuk penyipat datar atau penyipat ruang di atas permukaan tanah (terrestris). Alat ukur tanah dapat dibedakan menjadi :

1) Alat ukur sederhana merupakan alat ukur tanah yang penggunaannya satu jenis alat hanya dapat mengukur satu macam ukuran, penggunaannya sesuai dengan fungsinya masing masing, misalnya *pita ukur* untuk mengukur jarak, *kompas* untuk mengukur arah/ sudut datar dan *clinometer* untuk mengukur kemiringan/ sudut vertical.



Gambar 1. Kompas sebagai penunjuk arah atau azimuth dalam pengukuran dan pemetaan tanah.

Kompas bekerja berdasarkan gaya medan magnet. Pada kompas selalu terdapat sebuah magnet sebagai komponen utamanya. Magnet tersebut biasanya berbentuk sebuah jarum penunjuk. Saat magnet penunjuk tersebut berada dalam keadaan bebas, maka akan mengarah ke utara-selatan magnet bumi. Inilah yang dijadikan dasar dalam pembuatan kompas dan alat navigasi berbasis medan magnet yang lain.

Klinometer adalah alat sederhana untuk mengukur sudut elevasi antara garis datar dan sebuah garis yang menghubungkan sebuah titik pada garis datar tersebut dengan titik puncak (ujung) sebuah objek. Aplikasinya digunakan untuk mengukur tinggi (panjang) suatu objek dengan memanfaatkan sudut elevasi. Dengan kata lain fungsi atau kegunaannya adalah untuk menentukan besar sudut elevasi dalam mengukur tinggi obyek secara tidak langsung.



Gambar 2. Clinometer sebagai penunjuk teknis untuk mengetahui kelerengan/ kemiringan dalam pengukuran dan pemetaan tanah.

Meteran disebut juga sebagai pita ukur atau tape atau bisa disebut juga sebagai rol meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur jarak atau panjang. Meteran juga berguna untuk mengukur sudut, membuat sudut siku-siku, dan juga dapat digunakan untuk membuat lingkaran.



Gambar 3. Rol meter sebagai alat untuk mengetahui jarak dalam pengukuran dan pemetaan tanah.

Satuan yang digunakan dalam meteran adalah mm atau cm, feet atau inchi. Pita ukur atau meteran tersedia dalam ukuran panjang 10 meter, 15 meter, 30 meter sampai 50 meter. Pita ukur biasanya dibagi pada interval 5 mm atau 10 mm.

2) Alat ukur optik, adalah alat ukur tanah yang dilengkapi dengan optik dan merupakan suatu kesatuan/ unit alat yang dapat mengukur beberapa macam ukuran, misalnya untuk mendapatkan data jarak,

azimuth/ sudut horizontal dan kemiringan/ sudut vertikal cukup dengan hanya satu alat yaitu theodolit untuk penyipat ruang dan water pas untuk penyipat datar.

3) Alat ukur elektronik, adalah alat ukur tanah dengan menggunakan gelombang infra merah (GeAs-diode) yang tidak dapat dilihat. Gelombang ini melewati jarak yang diukur pulang pergi hampir sama dengan kecepatan cahaya, sebagian dari gelombang-gelombang yang diterima oleh suatu prisma reflector akan dikembalikan ke obyektif pesawat penerima dan difokuskan atas suatu foto diode. Pada meter getaran frekwensi diukur perbedaan getaran frekwensi antara gelombang yang dipancarkan dengan gelombang yang ditangkap oleh refleksi sasaran. Perbedaan ini menentukan jarak antara alat ukur tanah dan sasaran.

   Penggunaan alat ukur tanah selalu disesuaikan dengan maksud dan tujuan suatu pengukuran. Pengukuran yang memerlukan ketelitian yang tinggi dengan yang tidak memerlukan ketelitian, maka jenis alat akan berbeda. Dalam bidang survey pemetaan dan pengukuran tanah telah banyak dibuat peralatan mengukur sudut, baik digunakan untuk mengukur sudut atau didesain untuk keperluan lain. Dalam buku ini akan dibahas 3 (tiga) alat yang berhubungan erat dengan pengukuran dan perpetaan digital yaitu *Global Positioning System* (GPS), Theodolite Digital dan Total Station.

b. *Global Positioning System* (GPS)

1) Pengertian GPS

   Dalam kegiatan yang terkait dengan pengumpulan data melalui pengukuran atau pengamatan untuk mendapatkan posisi/koordinat geografis, sesuai dengan kemajuan perkembangan teknologi penentuan posisi akhir-akhir ini banyak digunakan penentuan posisi dengan

memanfaatkan konstelasi satelit NAVASTAR – GPS (*Navigation Satellite using Time And Ranging-Global Positioning System*) atau lebih dikenal dengan GPS.

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, kepada banyak orang secara simultan. Pada saat ini, sistem GPS sudah banyak digunakan orang diseluruh dunia. Di Indonesia GPS juga sudah banyak diaplikasikan, terutama yang terkait dengan aplikasi-aplikasi yang menuntut informasi tentang posisi.

Dibandingkan dengan sistem dan metoda penentuan posisi lainnya, GPS mempunyai banyak kelebihan dan menawarkan waktu lebih banyak keuntungan, baik dalam segi operasionalisasinya maupun kualitas posisi yang diberikan. Bila dibandingkan dengan teknologi yang dipakai sebelumnya, teknologi penentuan posisi dengan GPS menjanjikan berbagai kemudahan; mudah, cepat, berketelitian tinggi. Akan tetapi segala kemudahan ini dalam prakteknya menyembunyikan berbagai kesulitan, terutama bila koordinat suatu lokasi yang dihasilkan dari teknologi GPS di-plot pada peta kerja ternyata tidak sesuai.

Sesuai dengan perkembangan teknologi yang sudah dapat dicapai hingga pada saat ini, khususnya di bidang pemetaan dan pengukuran, penggunaan peralatan seperti GPS sudah menjadi kebutuhan karena beberapa kemudahan dan kelebihan yang diberikan oleh alat ini. Penggunaan GPS dalam menentukan posisi/koordinat satu pohon, ataupun suatu lokasi tertentu bahkan pemetaan dan navigasi telah banyak digunakan. Untuk itu pengetahuan mengenai GPS dan

operasionalnya sendiri menjadi hal yang penting bagi para pelaksana tugas pengukuran dan perpetaan.

Dalam upaya untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia yang mampu memahami dan mengaplikasikan penggunaan GPS terutama untuk tujuan pengukuran dan perpetaan di berbagai Unit Pelaksana Teknis secara lebih professional, ketersediaan tenaga pelaksana yang mahir dan terlatih adalah suatu hal yang penting dimana hal ini dapat dilakukan melalui training/pelatihan baik untuk tingkat dasar hingga lanjutan.

GPS merupakan metoda penentuan posisi ekstra terestris yang menggunakan satelit GPS sebagai target pengukuran. Penentuan posisi titik dengan metoda ekstra terestris adalah suatu survei penentuan posisi titik yang dilakukan dengan mengamati target atau obyek yang terletak di ruang angkasa. Obyek atau target yang dibidik tersebut dapat berupa benda alam (seperti bulan, matahari, bintang) atau dapat berupa benda buatan manusia (satelit Doppler, satelit GPS). Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga-dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, kepada banyak orang secara simultan. Metoda ini dinamakan penentuan posisi secara global karena koordinat yang dihasilkannya bersifat geosentrik, artinya pusat massa bumi dianggap sebagai pusat sistem koordinat sehingga sistem koordinat ini berlaku di seluruh dunia. Sebagai bidang referensi (bidang datum) koordinat digunakan elipsoid World Geodetic System 1984 (WGS 1984). Pada prinsipnya penentuan posisi dengan metoda ini adalah penentuan posisi dengan melakukan pengukuran jarak dari satelit ke alat penerima yang berdiri di atas titik yang akan ditentukan koordinatnya.

Target yang dibidik ini berupa benda buatan manusia, yaitu satelit yang setiap saat memancarkan sinyal serta selalu dimonitor oleh alat pengontrol yang ditempatkan di beberapa tempat tertentu di bumi. Target tersebut adalah satelit Doppler dan satelit GPS. Dalam metoda ini, benda-benda angkasa tersebut berfungsi sebagai titik kontrol dan tempat alat ukur berdiri yang berfungsi sebagai titik yang akan ditentukan posisinya. Untuk benda-benda alam, posisi setiap saat benda-benda tersebut sudah tercatat dalam bentuk tabel, misalnya tabel deklinasi bintang, tabel deklinasi matahari dan sebagainya. Sedangkan benda buatan manusia, posisi satelit selalu dipancarkan setiap saat melalui sinyal satelit.

Dengan mengetahui koordinat benda-benda angkasa (berfungsi sebagai titik ikat) serta pengamatan yang dilakukan terhadap benda-benda angkasa tersebut, maka koordinat titik ukur dapat ditentukan. Penetuan posisi dengan menggunakan benda-benda alam sebagai titik ikatnya sudah jarang digunakan lagi, karena metode tersebut sangat tergantung kepada keadaan cuaca. Sebagai penggantinya, dikembangkan metoda penentuan posisi dengan satelit. Metoda yang banyak digunakan sekarang adalah metoda penentuan posisi dengan GPS.

Posisi suatu titik biasanya dinyatakan dengan koordinat (dua dimensi atau tiga dimensi) yang mengacu pada suatu sistem koordinat tertentu. Sistem koordinat itu sendiri didefinisikan dengan menspesifikasi tiga parameter berikut:

a) lokasi titik nol dari sistem koordinat,
b) orientasi dari sumbu-sumbu koordinat, dan
c) besaran (kartesian, curvilinear) yang digunakan untuk mendefinisikan posisi suatu titik dalam sistem koordinat tersebut.

Dalam penentuan posisi suatu titik di permukaan bumi, titik nol dari sistem koordinat yang digunakan dapat berlokasi di titik pusat massa bumi (sistem koordinat geosentrik), maupun di salah satu titik di permukaan bumi (sistem koordinat toposentrik). Sistem koordinat geosentrik banyak digunakan dalam penentuan metoda-metoda penentuan posisi ekstra terestris yang menggunakan satelit dan benda-benda langit lainnya. Dilihat dari besaran koordinat yang digunakan, posisi suatu titik dalam sistem koordinat ada yang dinyatakan dengan besaran-besaran jarak seperti sistem koordinat Kartesian dan ada yang dinyatakan dengan besaran sudut dan jarak seperti koordinat geodetik. Pada penentuan posisi dengan GPS, posisi titik dipermukaan bumi diberikan dalam koordinat kartesian tiga dimensi (X,Y,Z) dalam sistem koordinat WGS 1984 yang merupakan suatu realisasi dari sistem CTS (*Conventional Terrestrial System*). Koordinat kartesian tersebut selanjutnya dapat ditransformasikan menjadi koordinat geodetik seandainya diperlukan.

GPS adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit, yang didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti dan juga informasi mengenai waktu secara kontinyu di seluruh dunia yang dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca. Pada prinsipnya penentuan posisi dengan metoda ini adalah penentuan posisi dengan melakukan pengukuran jarak dari satelit ke alat penerima yang berdiri di atas titik yang akan ditentukan koordinatnya.

Dalam penentuan posisi suatu titik di permukaan bumi, titik nol dari sistem koordinat yang digunakan dapat berlokasi di titik pusat massa bumi (sistem koordinat geosentrik), maupun di salah satu titik di permukaan bumi (sistem koordinat toposentrik). Sistem koordinat

geosentrik banyak digunakan dalam penentuan metoda-metoda penentuan posisi ekstra terestris yang menggunakan satelit dan benda-benda langit lainnya.

Kelebihan dari sistem GPS ini antara lain adalah:

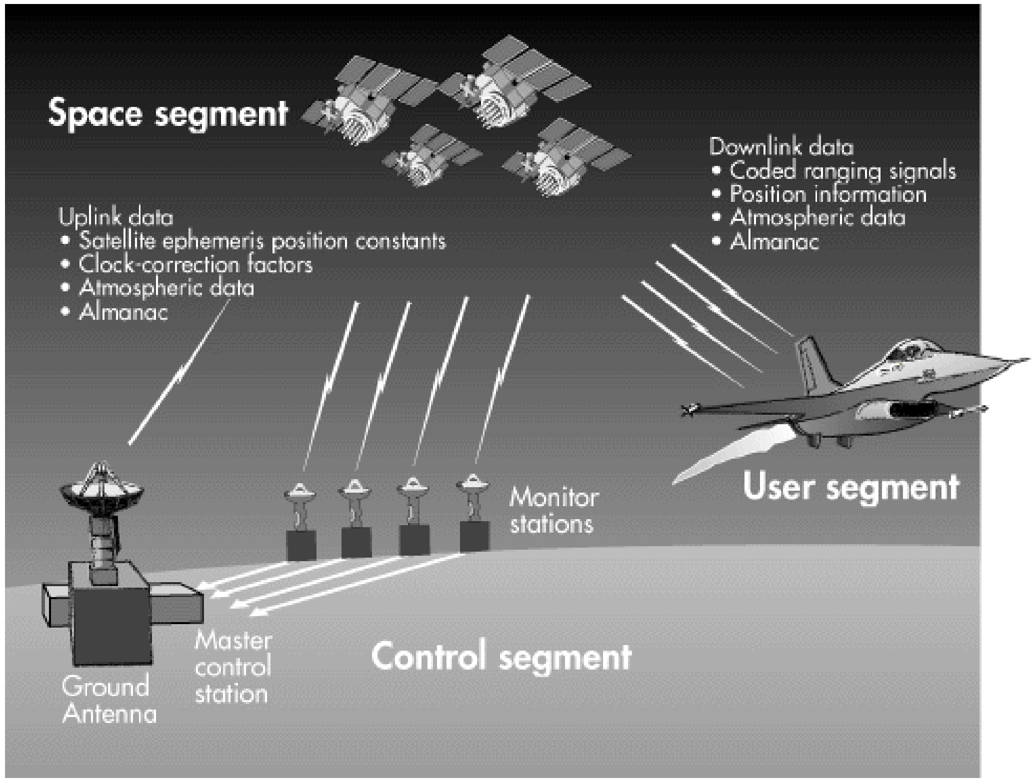
a) Pemakaian sistem GPS sampai saat ini tidak dikenakan biaya,
b) Cara pengoperasiannya mudah, cepat, akurat,
c) Tidak tergantung cuaca & dapat digunakan secara simultan,
d) Relatif sulit memanipulasi data pengamatan,
e) Cakupan wilayah pengukuran cukup luas,
f) Ada kecenderungan ukuran receiver semakin kecil,
g) Kondisi saling keterlihatan antar stasiun seperti metode penentuan posisi konvensional tidak berlaku.

Kelemahan GPS diantaranya:

a) Tidak dapat digunakan jika ada penghalang antara alat penerima sinyal dengan satelit GPS,
b) Diperlukan proses transformasi koordinat apabila penentuan posisi harus dipresentasikan dalam datum lainnya,
c) Komponen tinggi dari koordinat tiga dimensi yang diberikan oleh GPS adalah tinggi yang mengacu ke permukaan ellipsoid, yaitu ellipsoid GRS (Geodetic Reference System) 1980,
d) Sumberdaya manusia yang menguasai masalah teknologi ini di Indonesia relatif masih belum banyak.

2) Sistem GPS

GPS sebagai suatu sistem terdiri dari tiga segmen utama, yakni space segmen, control segmen, dan user segmen sebagaimana gambar 4 berikut ini :



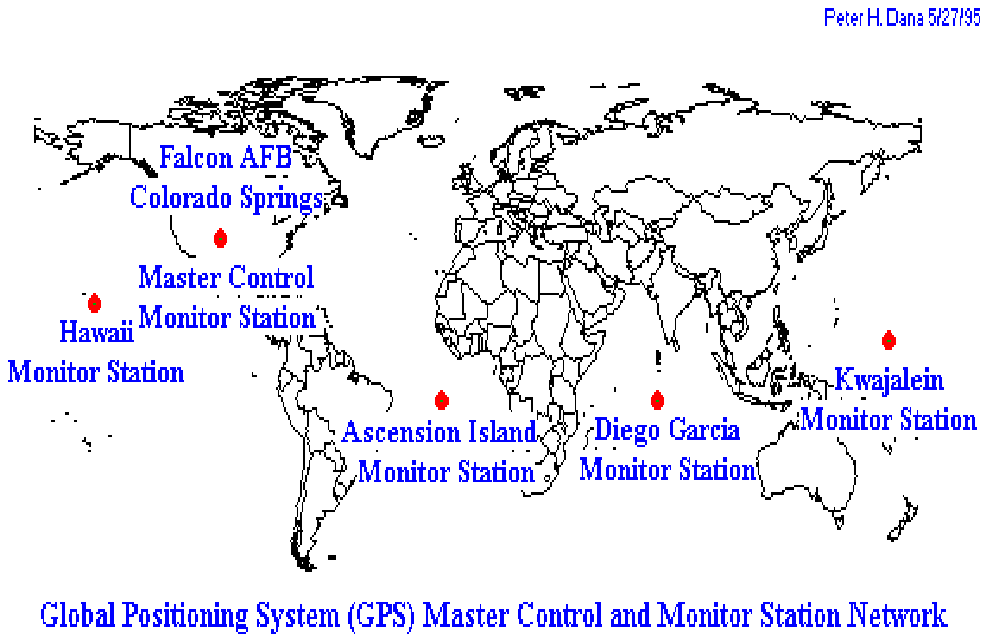
Gambar 4. Sistem/ komponen yang terlibat dalam mekaisme GPS

Space segmen merupakan subsistem yang berada di angkasa, terdiri dari 24 satelit (21 aktif dan 3 cadangan) yang mengorbit pada ketinggian 20.200 km dari permukaan bumi. Dua puluh empat satelit tersebut mengorbit dalam enam bidang orbit, masing-masing bidang orbit memuat empat satelit.

Keduapuluh empat satelit tersebut menempati enam lintasan orbit yang menyerupai lingkarang dengan inklinasi 55o terhadap bidang equator, dengan ketinggian rata-rata 20.200 km dari permukaan bumi. Setiap lintasan orbit ditempati oleh empat buah satelit, dengan jarak antar satelit sedemikian rupa sehingga setiap saat dapat diamati empat buah satelit dengan geometri yang baik. Bobot setiap satelit kurang lebih 800 kg, bergerak dalam setiap orbit dengan kecepatan 4km/detik dengan periode 11 jam 58 menit.

Setiap satelit GPS secara kontinu memancarkan sinyal-sinyal gelombang pada dua frekuensi, yaitu L1 (1575,42 MHz) dan L2 (1227,60 MHz). Sinyal L1 membawa dua buah kode biner, yaitu kode P (*Precise/Private Code*) dan kode C/A (*Clear Access atau Coarse Acquisation code*), sedangkan L2 hanya membawa kode C/A saja. Dengan kontelasi satelit seperti tersebut, sembarang tempat di muka bumi akan dapat mengamati sekurang-kurangnya empat satelit pada setiap saat.

Control segmen merupakan otak dari GPS. Sistem satelit GPS dikendalikan dari Falcon Air Base di Colorado Spring, Colorado USA. Segmen ini juga dilengkapi dengan empat stasiun monitoring dan empat stasiun distribusi. Masing-masing satelit akan melewati satsiun monitoring dua kali sehari. Segmen ini berfungsi untuk monitor dan mengontrol kelaikgunaan seluruh satelit dan komponennya, memantau operasional satelit dan memastikan bahwa satelit berfungsi sebagaimana mestinya, serta untuk menentukan orbit seluruh satelit GPS yang merupakan informasi utama untuk penentuan posisi dengan satelit. Secara spesifik, segmen kontrol ini terdiri dari *Monitor Stations* (MS), *Ground Antena Stations* (GAS), *Preplaunch Compability Station* (PCS) dan *Master Control Station* (MCS) yang tersebar di seluruh dunia. GAS berlokasi di Ascension Diego Garcia dan Kwajelin. Lima stasiun MS terdiri dari stasiun GCS ditambah stasiun di Colorado Springs dan Hawaii. Stasiun PCS berlokasi di Cape Caneveral dan stasiun ini juga berfungsi sebagai backup dari GAS. Lokasi dari stasiun-stasiun tersebut dapat dilihat seperti dalam gambar 5.



Gambar 5. Segmen Kontrol GPS

Dalam segmen sistem kontrol GPS ini, MS bertugas mengamati secara kontinyu satelit GPS yang terlihat. Pada prinsipnya stasiun MS tidak melakukan pengolahan data, tetapi hanya mengirimkan data pseudorange serta pesan navigasi yang dikumpulkan ke MCS untuk diproses secara realtime. Setiap stasiun MS ini beroperasi secara otomatis, tidak dijaga oleh orang (*unmanned*) dan dioperasikan dengan pengontrolan jarak jauh dari MCS.

Seluruh data yang dikumpulkan oleh MS ini kemudian dikirimkan ke MCS untuk diproses guna memperoleh parameter-parameter dari orbit satelit dan waktu serta parameter-parameter penting lainnya. MCS sendiri berlokasi tepatnya di *Consolidated Space Operations Center* (CSOC), pangkalan Angkatan Udara Falcon, Colorado Springs. Pusat pengolah data dari jaringan *Operasional Control System* (OCS) ini beroperasi secara kontinyu (24 Jam per hari, 7 hari per minggu) dan dioperasikan oleh personil-personil terlatih dari *Air Force Space*

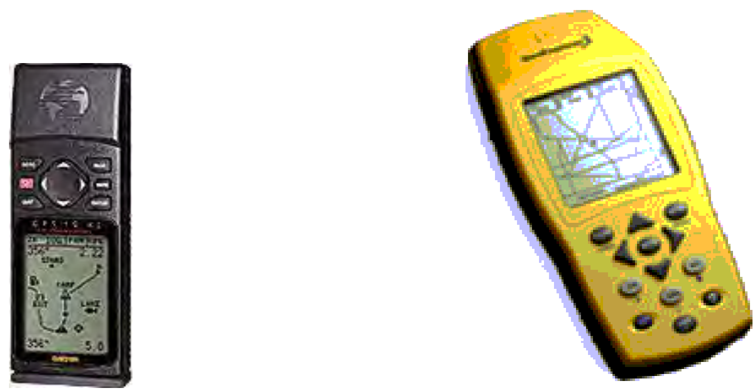
Command, Amerika Serikat. Di samping pengolahan data tersebut, MCS juga bertanggung jawab dalam pengontrolan satelit dalam orbitnya serta status kesehatannya, injeksi data, prediksi orbit, dan sinkronisasi waktu.

User atau pengguna adalah semua pengguna yang memanfaatkan sinyal satelit GPS untuk navigasi dan penentuan posisi dengan menggunakan receiver GPS dan perangkat lunaknya. Komponen utama dari suatu reciever GPS secara umum adalah antena dengan pre-amplifier, bagian RF (*Radio Frequency*) dengan pengidentifikasi sinyal dan pemroses sinyal, pemroses mikro untuk pengontrol receiver, data sampling, dan pemroses data (solusi navigasi), osilator presesi, catu daya, unit perintah dan tampilan dan memori serta perekam data.

Receiver GPS yang beredar di pasaran cukup bervariasi dari segi jenis, merek, harga, ketelitian yang diberikan, berat, ukuran maupun bentuknya. Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan receiver GPS, yaitu antara lain berdasarkan fungsi, data yang direkam, jumlah kanal maupun penggunanya. Receiver GPS untuk penentuan posisi, pada dasarnya dapat dibagi atas receiver tipe navigasi, tipe pemetaan, dan tipe geodetik. Contoh receiver GPS tipe navigasi dari berbagai merek seperti Garmin 38, Garmin 12 CX, Magellan 4000XL, Magellan GPS Tracker dll.

Receiver tipe pemetaan, data yang direkam dapat dipindahkan (*didownload*) ke komputer untuk diproses lebih lanjut. Oleh sebab itu tidak seperti halnya tipe navigasi, reciever tipe pemetaan ini dapat digunakan untuk penentuan posisi secara diferensial dan dalam hal ini ketelitian yang diperoleh adalah sekitar 1-5 meter. Beberapa merek receiver GPS untuk tipe ini diantaranya adalah Trimble Pro-XRTM, Magellan ProMARK XTM, Trimble GeoExplorer3 dsb.

Dari ketiga tipe receiver GPS untuk penentuan posisi, tipe geodetik adalah tipe receiver yang relatif paling canggih, paling mahal dan juga memberikan data yang paling akurat. Oleh sebab itu receiver tipe geodetik umumnya digunakan untuk aplikasi-aplikasi yang menuntut ketelitian yang reltif tinggi seperti untuk pengadaan titik-titik kontrol geodesi, pemantauan deformasi dan studi geodinamika. Beberapa merk reciever dalam tipe ini antara lain adalah Trimble 4000 SSE dan 4000 Ssi, Ashtech Z-12, Leica System 300.



Gambar 6. Beberapa contoh Receiver GPS

3) Penentuan Posisi Menggunakan GPS Receiver

Pada prinsipnya penentuan posisi dengan GPS adalah pengukuran jarak secara bersama-sama ke beberapa satelit (yang koordinatnya telah diketahui) sekaligus. Untuk menentukan koordinat suatu titik dibumi, receiver setidaknya membutuhkan 4 satelit yang ditangkap sinyalnya dengan baik, secara default posisi atau koordinat yang diperoleh bereferensi ke global datum yaitu World Geodetic System 1984 atau disingkat WGS' 84. Secara garis besar penentuan posisi dengan GPS ini dibagi menjadi dua metoda yaitu :

a) Metode Absolut atau juga dikenal sebagai *point positioning*. Menentukan posisi hanya berdasarkan pada 1 pesawat penerima

saja (*receiver*). Ketelitian tidak begitu tinggi dan biasanya digunakan hanya untuk keperluan Navigasi.

Keterbatasan dari segi ketelitian yang didapat dengan metoda penentuan posisi absolut tersebut adalah terutama disebabkan oleh ketidak telitiannya pada orbit satelit broadcast dan waktu (*clock*). Ketidak telitian ini memang disengaja oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat (institusi yang mengelola satelit GPS) untuk maksud tertentu, dengan menurunkan kualitas broadcast satelit dan menyelewengkan waktu (clock) satelit. Penurunan kualitas tersebut dikenal dengan *Selective Availability* (S/A) Selain dua hal tersebut keterbatasan ketelitian ini ditambah lagi dengan beberapa kesalahan yang diakibatkan oleh terhambatnya sinyal GPS pada waktu perjalanannya menembus lapisan ionosfir dan troposfir bumi, efek multipath (sinyal GPS yang diterima direceiver bukan merupakan sinyal yang langsung datang dari satelit, tetapi sinyal pantulan yang memantul dari media lain sekitar receiver) dan kesalahan sistimatis receiver itu sendiri (*receiver noise*).

Untuk meningkatkan ketelitian pada penentuan posisi dengan memanfaatkan GPS, dari ketelitian 100m ke tingkat ketelitian antara 3m sampai 10m, dapat dilakukan dengan metoda penentuan posisi relatif artinya terhadap stasiun acuan yang mempunyai koordinat dalam WGS84 teliti, pada metoda ini minimum dua receiver mengamati minimum 4 (empat) satelit GPS yang sama pada waktu yang bersamaan/simultan atau dengan metoda penentuan posisi absolut dengan menggunakan orbit dan waktu teliti (metoda ini baru dapat diaplikasikan bila Stasiun Tetap Penjejak Satelit GPS pada tahap operasional. Kedua metoda ini adalah untuk meningkatkan ketelitian seoptimal mungkin, dengan upaya meminimalkan/mengurangi atau menghilangkan sumber-sumber

kesalahan yang dikemukakan di atas, termasuk kesalahan yang diakibatkan S/A.

Beberapa kesalahan dalam penentuan posisi dengan metode absolut ini antara lain disebabkan oleh : efek multipath, Efek *Slective Availability* (SA), maupun kesalahan karena ketidak sinkronan antara peta kerja dengan setting yang dilakukan saat menggunakan GPS. Ketidak akuratan posisi karena setting receiver hanya dapat diatasi dengan melakukan setting parameter GPS saat dipakai sesuai dengan parameter yang terdapat dalam sistem peta kerja. Hal ini biasanya berhubungan dengan sistem proyeksi dan koordinat, serta datum yang digunakan dalam peta kerja.

b) Metode Relatif atau sering disebut dengan differential positioning, yaitu menentukan posisi dengan menggunakan lebih dari satu receiver. Metode ini menghasilkan posisi yang berketelitian tinggi (umumnya kurang dari 1 meter) dan diaplikasikan untuk keperluan survey geodesi ataupun pemetaan yang memerlukan ketelitian yang tinggi.

Dengan metoda penentuan posisi differensial stasiun acuan (*base station = master*) harus mempunyai koordinat dalam WGS84 teliti (JKHN Orde Nol dan atau Orde Satu). Dengan menempatkan satu receiver pada stasiun acuan yang mempunyai koordinat absolut teliti. Receiver lainnya (bisa satu atau lebih) dapat berpindah-pindah ke berbagai lokasi yang akan ditentukan posisinya, yang selanjutnya dinamakan stasiun roving. Begitu pada saat yang bersamaan baik stasiun acuan maupun stasiun roving mengamati minimum 4 satelit yang sama, masing-masing kedua stasiun tersebut dapat ditentukan posisi/koordinatnya sama seperti pada penentuan posisi absolut. Koordinat stasiun acuan hasil penentuan

posisi absolut ini selanjutnya dibandingkan dengan koordinat teliti stasiun acuan telah diketahui sebelumnya. Selisih kedua koordinat pada titik acuan ini selanjutnya diasumsikan sebagai kesalahan posisi (Ex , Ey, Ez) dari yang sebenarnya. Bila stasiun roving relatif tidak begitu jauh dengan jarak ,10km dari stasiun acuan, besarnya kesalahan posisi di stasiun acuan diasumsikan sama dengan kesalahan posisi di stasiun roving. Dengan demikian besarnya kesalahan posisi di stasiun acuan dapat dipakai sebagai koreksi di stasiun roving hingga mendapatkan koordinat yang benar, relatif terhadap stasiun acuan.

Metoda pendekatan dengan memberikan kesalahan posisi di stasiun acuan tersebut sebagai koreksi untuk untuk stasiun roving terdapat suatu kelemahan, yaitu bila kedua stasiun tersebut tidak mangamati secara simultan ke minimum 4 satelit yang sama, ketelitian posisi absolut di masing-masing stasiun akan berbeda, hingga kesalahan posisi di stasiun acuan tidak merefleksikan kesalahan posisi yang sama di stasiun roving.

Untuk menghindari kelemahan metoda pendekatan dengan memberikan koreksi koordinat, terdapat metoda lain yaitu dengan memberikan koreksi jarak (range) antara satelit dan receiver. Dengan pendekatan yang hampir sama dari stasiun acuan yang mengamati ke minimum 4 satelit, dihitung jarak antara receiver di stasiun acuan ke satelit dengan menggunakan masing-masing koordinat (informasi koordinat satelit ada dibawa oleh sinyal *broadcast* pada waktu meninggalkan satelit menuju *receiver*). Jarak hitungan ini selanjutnya dikurangi dengan jarak ukuran untuk mendapatkan koreksi-koreksi jarak pada setiap satelit ke *receive*r.

Koreksi-koreksi jarak ini kemudian diberikan kemasing-masing satelit ke receiver yang sama di stasiun roving. Metoda pendekatan dengan koreksi jarak ini lebih teliti, akan tetapi juga mempunyai kelemahan. Metoda ini menjadi tidak efektif bila jumlah satelit yang sama diamati kurang dari 4 satelit. Penentuan posisi secara diferensial dapat diaplikasikan secara statik maupun kinematik dengan menggunakan data pseudorange dan/ataupun fase. Aplikasi utama dari metoda penentuan posisi diferensial antara lain adalah survei pemetaan, survei geodesi serta navigasi berketelitian menengah dan tinggi. Dalam penentuan posisi secara diferensial ada beberapa aplikasi yang menuntu informasi posisi relatif secara instan (*real-time*).

Untuk melayani aplikasi-aplikasi tersebut saat ini tersedia dua sistem yang umumnya dikenal dengan nama DGPS (*Differential GPS*) dan RTK (*Real Time Kinematic*). DGPS adalah suatu akronim yang sudah umum digunakan untuk sistem penentuan posisi real-time secara diferensial yang menggunakan data pseudorange. Sedangkan RTK adalah suatu akronim yang digunakan untuk sistem penentuan posisi real-time secara diferensial menggunakan data fase. Penetuan posisi dengan cara posisi relatif adalah posisi suatu titik ditentukan relatif terhadap titik lain yang telah diketahui koordinatnya, Pengukuran dilakukan secara bersamaan pada dua titik atau lebih dalam selang waktu tertentu (*receiver* GPS $\geq$ 2), data hasil pengukuran diproses (*post precessing*), diperoleh perbedaan koordinat kartesian 3 dimensi (dx, dy, dz) atau disebut juga dengan *baseline* antar titik yang diukur.

Ada dua type GPS yang yang lazim digunakan yaitu :

(1) GPS *Mapping* digunakan untuk memetakan obyek-obyek dipermukaan bumi baik yang memerlukan tingkat ketelitian/akurasi tinggi berupa titik, garis, maupun area/polygon seperti penetapan titik control geodesi, studi pergerakan lempeng tektonik dan sebagainya. GPS *Mapping* dapat mendukung Sistem Informasi Geografi (SIG) dalam pembuatan peta, dalam SIG posisi obyek harus dinyatakan dalam koordinat global. Sebagai contoh dalam memetakan lokasi sample, lokasi sounding, pola migrasi ikan, distribusi suatu komunitas perkotaan maupun jaringan transportasi dalam database SIG tidak dapat hanya direpresentasikan dalam bentuk table, namun harus memiliki informasi mengenai posisi koordinat. Proses pemetaan ini akan lebih mudah dilakukan dengan memanfaatkan GPS *Mapping*.

(2) GPS *Tracking* umumnya digunakan untuk keperluan Navigasi dan biasa digunakan untuk memonitor gerakan obyek tersebut secara real time/ live. Biasanya digunakan oleh pesawat yang bersifat mobile untuk memandu perjalanan pesawat terbang, kapal laut dan lainya untuk keperluan perjalanan/ ekspedisi. Selama perjalanan/ ekspedisi berlangsung surveyor/ pengguna dapat melakukan entry data pada GPS mengenai informasi nama trayek, jarak, kecepatan, masa tempuh dan informasi lain secara otomatis akan tergambar mengikuti jalur yang dilalui. Tingkat ketelitian teknologi GPS sangat bergantung kepada *type receiver* yang digunakan. Data GPS memiliki kompatibilitas yang tinggi terhadap software GIS, setelah kegiatan survey selesai dilaksanakan, maka data dari GPS dapat didownload kekomputer dan selanjutnya dieksport kedalam format data SIG.

4) **GPS Untuk Berbagai Bidang**

GPS pada saat ini sudah memasuki semua lini kehidupan manusia. Di Indonesia GPS telah banyak digunakan untuk menentukan koordinat titik-titik kontrol yang membangun kerangka dasar nasional untuk survai dan pemetaan di darat dan di laut. Dalam survei dan pemetaan darat, GPS telah banyak digunakan untuk pengadaan titik-titik kontrol untuk keperluan pemetaan (termasuk pemotretan udara); penentuan dan rekonstruksi batas kawasan serta luasnya; penentuan kemiringan lereng/ lahan ataupun beda tinggi; penentuan dan rekonstruksi arah di lapangan; penentuan dan rekonstruksi trase jalan, saluran irigasi, aliran sungai, lokasi pengambilan sampel tanah, sumur bor, mata air, sampel pohon; survei rekayasa, ataupun survei pertambangan.

Aplikasi GPS dalam bidang pertanian terutama akan terkait dengan navigasi kendaraan pertanian, pemetaan kawasan dan lahan pertanian maupun pembangunan dan aplikasi dari suatu sistem informasi pertanian. Untuk navigasi kendaraan pertanian, GPS biasanya digunakan untuk penentuan titik pengambilan sampel tanah, penaburan benih, penyebaran pupuk, pengaplikasian pestisida, penanaman, pelubangan. Penggunaan GPS yang dikombinasikan dengan SIG akan sangat bermanfaat untuk berbagai kepentingan seperti:

a) pemetaan, pendeteksian dan pemantauan hasil panen.
b) pendistribusian pestisida, pupuk dan benih secara sistematik, dan.
c) pemantauan tanah dan cuaca di kawasan pertanian.

Dalam bidang perikanan teknologi GPS telah digunakan untuk keperluan mencari lokasi ikan (*fishing ground*), mendata lokasi ikan, memperluas jelajah penangkapan ikan. Untuk survei, pemetaan dan penentuan posisi di laut seperti untuk keperluan survei hidro-oseanografi, survei seismik, penentuan posisi bui-bui dan perlatan bantu navigasi serta titik-titik pengeboran minyak lepas pantai

ataupun untuk mempelajari karakteristik arus, gelombang ataupun pasang surut (*tides*) di lepas pantai.

Aplikasi yang dapat dilayani oleh *receiver* tipe pemetaan antara lain adalah survei dan pemetaan geologi dan pertambangan, peremajaan peta serta pembangunan dan peremajaan basis data SIG. GPS juga telah digunakan untuk survai dan pemetaan udara, terutama untuk navigasi pesawar selama pemotrtan, penentuan posisi-posisi kamera pada saat pemotretan di udara ataupun untuk penentuan posisi titik kontrol di daerah pemotretan. GPS juga diguankan untuk penentuan posisi dan navigasi satelit satelit lainnya seperti penginderaan jauh.

5) Penggunaan GPS

Berikut merupakan contoh penggunaan GPS yang ada banyak di pasaran Indonesia, misalnya GPS Garmin seri 76CSx. Spesifikasi GPS ini antara lain lama akuisisi data kurang lebih 1 detik, dalam posisi sudah menyala. Kalau dari posisi off 38 detik. Akurasi kompas kurang lebih 50 , akurasi GPS kurang dari 10 m, untuk diferensialnya berakurasi antara 3 hingga 5 meter. Akurasi ketinggian 3 meter, dengan resolusi 30 cm. interface alat mengacu pada standar NMEA, yaitu NMEA 0183 versi 2.3 dan juga menggunakan RS-232 serta USB. Pada gambar 7 dijelaskan keterangan tombol-tombol yang ada di GPS Garmin seri 76CSx, dan fungsi dari masing-masing tombol tersebut.



Gambar 7. Fungsi dan keterangan tombol pada contoh GPS yang ada di pasaran

Menghidupkan GPS 76CSx

Pada saat anda menekan tombol bergambar lampu berwarna merah, maka otomatis GPS akan melakukan akuisisi sinyal satelit GPS.

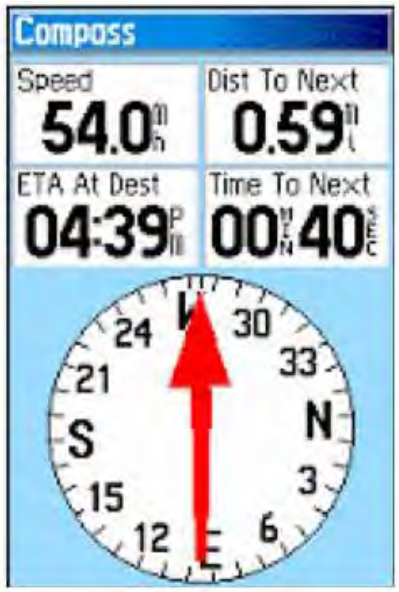
Lokasi koordinat dimana anda berada akan muncul jika minimal 4 sinyal satelit telah diterima oleh alat.

Pentingnya Kalibrasi GPS

Alat sering dibawa berpindah-pindah dalam jarak yang cukup signifikan (lebih dari 160 km). Untuk menyesuaikan dengan kondisi lokala yang baru didatangi tentu perlu dilakukan kalibrasi ulang dari alat tersebut. Yang perlu dikalibrasi adalah :

a) kompas GPS.
b) Altimeter GPS.

Prinsip kalibrasi kompas pada Garmin adalah dengan melakukan putaran 2 kali secara pelan-pelan ke arah kanan. Dan GPS akan mengkalkulasi sinyal dari satelit stasioner di atasnya, untuk menentukan arah kompas dengan benar. Caranya tampilkan page/halaman kompas dengan menekan beberapa kali tombol *page*. Akan muncul di layar halaman seperti berikut :



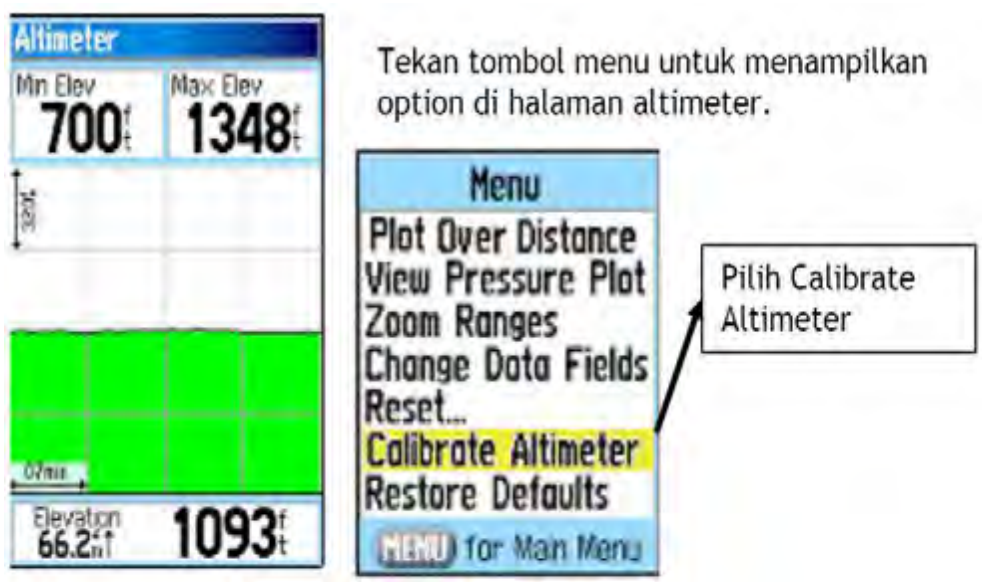
Kemudian tekan tombol menu, akan ada beberapa option atau pilihan dalam halaman kompas ini, pilih *Calibrate Compass*



Akan diminta untuk mengikuti petunjuk yang muncul di layar, berputar sebanyak 2 kali secara perlahan-lahan. Setelah melakukan apa yang diminta oleh GPS maka GPS akan memberikan respon apakah kalibrasi anda berhasil atau tidak. Jika tidak anda perlu mengulangi putaran di tempat, di satu titik, mungkin dengan sedikit lebih pelan lagi. Untuk kalibrasi altimeter lebih mudah lagi dilakukan yaitu dengan

memberikan nilai elevasi absolut yang anda ketahui. Tampilkan layar altimeter dengan menekan tombol page beberapa kali.

Anda akan memperoleh pertanyaan, apakah anda tahu informasi ketinggian yang tepat, jika tahu pilih yes, tekan tombol Enter, dan isikan data ketinggian yang anda ketahui, dan tekan tombol Enter. Kalibrasi altimeter selesai.



Tetapi jika tidak diketahui data ketinggian, sementra anda perlu mengkoreksi data elevasi di lokasi survey anda tersebut; jawabannya adalah kalibrasikan ketinggian anda di pantai.

Pantai merupakan wilayah dimana nol meter berada. Untuk memperoleh nol meter, anda perlu mengetahui posisi surut terendah dan posisi pasang tertinggi. Dengan assumsi bahwa kelandaian pantai relatif sama maka anda hanya perlu mengukur jarak antara titik posisi surut terendah hingga titik posisi pasang tertinggi, kemudian dibagi dua, ketemu titik tengah yang berada di tengah-tengah antara titik surut dan titik pasang dengan panjang jarak yang sama baik dari titik surut ataupun titik pasang, dan kemudian kalibrasikan altimeter GPS anda di titik tersebut dengan melakukan langkah :

a) Tampilkan page altimeter.
b) Tekan tombol menu sekali, pilih calibrate altimeter dengan mengarahkan hihglight kuning ke tulisan calibrate altimeter, dengan menenkan tombol rocker pad. Tekan Enter.
c) Isikan Yes jika ada pertanyaan, apakah anda mengetahui ketinggian tempat. Isikan nilai 0 pada isian. Tekan Enter, kalibrasi altimeter anda telah selesai.

Anda sudah dapat menggunakan GPS anda, baik itu membuat waypoint marking ataupun melakukan tracking. Sebuah catatan untuk kalibrasi, baik itu kalibrasi kompas ataupun ketinggian. Kalibrasi tidak hanya dilakukan jika kita berpindah tempat dengan jarak yang signifikan, tetapi kalibrasi juga dilakukan jika GPS mengalami perubahan suhu yang ekstrim.

Hal lain yang perlu diperhatikan dan dilakukan adalah setting unit yang dipakai dalam GPS anda, setting unit ini adalah memberikan status nilai untuk koordinat datum, unit ukuran dan lain-lain. Untuk melakukan setting unit ini, akses SETUP melalui menu utama/Main Menu.



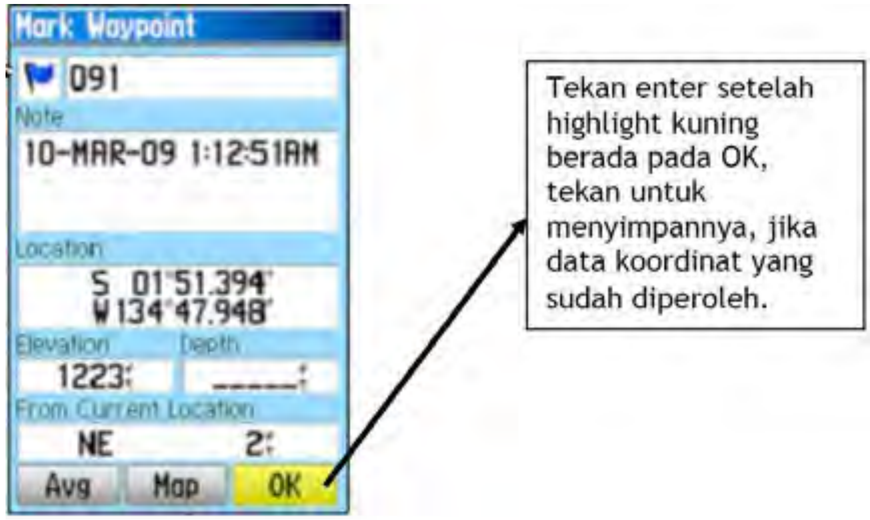
Setelah anda tekan tombol Enter arahkan *highlight* ke tulisan Unit untuk mengakses page/ halaman Unit. Muncul isian di halaman tersebut antara lain :

a) Positian format, untuk mengubah isian koordinatnya turunkan highlight kuning ke box di sebelah position format, anda tekan enter pilih deangan mengarahkan highlight kuning ke format degree atau metrik, format ini adalah format umum yang digunakan di Indonesia. Ddd mmm sss, ddd mmm,mmm, atau metric (UTM) merupakan contoh model formatnya. Untuk memilihnya tekan Enter.
b) Datum, untuk mengubah isian datum, arahkan highlight ke box di sebelah datum, kemudian tekan enter dan arahkan highlight pilih WGS 84, dan tekan enter lagi untuk mensetupnya. WGS 84 merupakan datum yang digunakan di Indonesia.

Waypoint Marking

Waypoint marking adalah memperoleh koordinat dari suatu titik lokasi yang di survey. Syarat marking adalah : Pada saat marking titik koordinat, tidak boleh bergerak, cukup berhenti di tempat sesaat sampai anda tekan Enter untuk OK, menerima hasil yang diperoleh dan anda simpan, baik anda ubah namanya ataupun *default* nama yang diberikan oleh GPS. GPS sudah dikalibrasi, baik kompas ataupun altimeternya. Unit sudah *disetting*, datum dan koordinat formatnya.

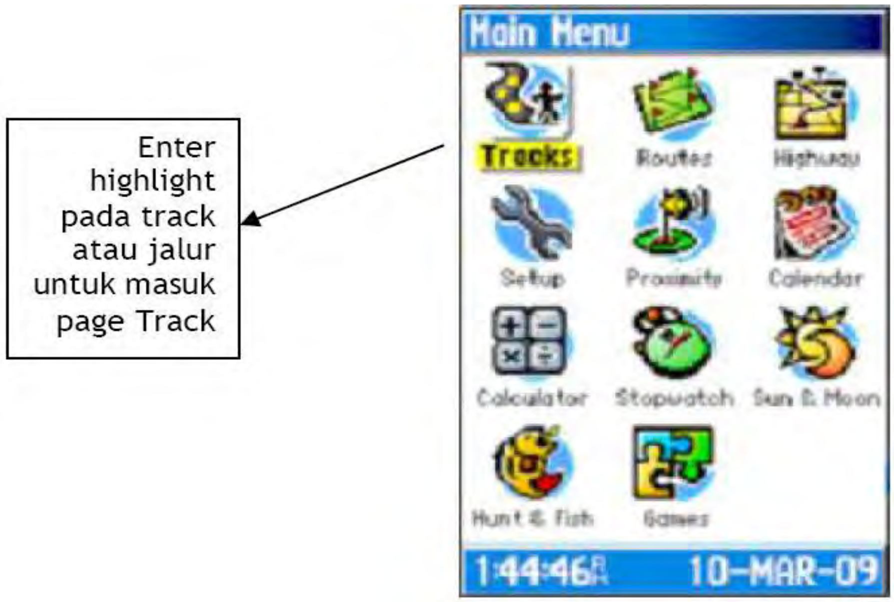
Langkah untuk melakukan marking adalah dengan menekan tombol Enter agak lama, hingga muncul tampilan page *Mark Waypoint* seperti gambar berikut :



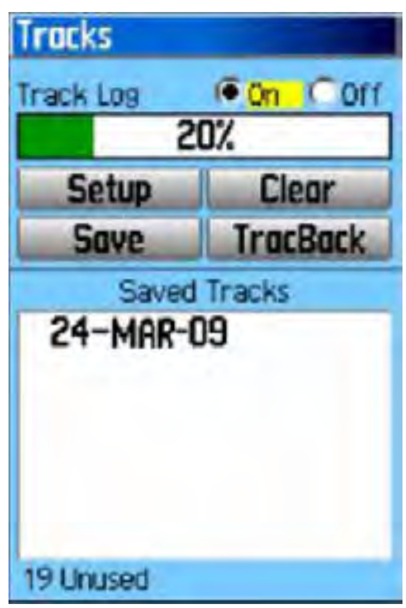
Ini adalah teknik standar perolehan data koordinat, tetapi jika anda tidak dapat berhenti secara langsung, ataupun harus gergerak terus, maka dapat menggunakan fasilitas *Man Over Board* (MOB) untuk memperoleh/ capturing data koordinat/ Waypoint. Seperti misal anda berada di atas kapal atau sampan. Cara MOB ini dengan menekan tombol Find agak lama untuk melakukan marking, dan tekan Enter untuk menampilkannya arah lokasi anda ke titik MOB di dalam peta GPS

Tracking

Tracking dalam peristilahan GPS adalah melakukan akuisisi data koordinat secara otomatis berdasarkan jalur yang kita lalui dan data tersebut disimpan dalam kartu memori GPS secara otomatis pula. Untuk memulai tracking tekan tombol menu dua kali, maka akan muncul Menu Utama, pilih *track*, tekan Enter.



Muncul halaman *track* seperti berikut :



Arahkan *highligt* kuning dengan menggerakkan rocker pad ke button On untuk menghidupkan *track logger* (pencatat otomatis track). Angka 20 % pada gambar di atas menunjukkan memori yang sudah digunakan oleh track. Tanggal pada box saved track, menunjukkan nama tracking yang sudah ada.

Untuk menyiapkan *track logger* agar pemncatat per jarak atau per waktu highlight kuning ke arah setup dan teken Enter. Akan muncul pilihan by distance/ jarak, by time/ waktu. Untuk menyimpan hasil tracking dalam sebuah nama, tekan enter setelah kursor berada pada button Save. Anda bisa mengubah nama atau membiarkan nama default. Pada saat menyimpan ini anda akan diberi pilihan menyimpan seluruh track, atau menyimpan track yang baru saja anda lakukan. Untuk menampilkan dalam peta GPS klik pada salah satu dari daftar track yang ada. Pilih Map/ maka peta dengan *tracking* yang anda lakukan akan muncul.

c. Theodolite Digital Sebagai Alat Ukur Tanah Digital

1) Pengertian Theodolite

Theodolite atau theodolit adalah *instrument*/ alat yang dirancang untuk menentukan tinggi tanah pengukuran sudut yaitu sudut mendatar yang dinamakan dengan sudut horizontal dan sudut tegak yang dinamakan dengan sudut vertical. Sudut – sudut tersebut berperan dalam penentuan jarak mendatar dan jarak tegak diantara dua buah titik lapangan. Theodolit merupakan salah satu alat ukur tanah yang digunakan untuk menentukan sudut mendatar dan sudut tegak. Sudut yang dibaca bisa sampai pada satuan detik.

Theodolite merupakan alat yang paling canggih di antara peralatan yang digunakan dalam survei. Pada dasarnya alat ini berupa sebuah teleskop yang ditempatkan pada suatu dasar berbentuk membulat (piringan) yang dapat diputar-putar mengelilingi sumbu vertikal, sehingga memungkinkan sudut horisontal untuk dibaca. Teleskop tersebut juga dipasang pada piringan kedua dan dapat diputar-putar mengelilingi sumbu horisontal, sehingga memungkinkan sudut vertikal

untuk dibaca. Kedua sudut tersebut dapat dibaca dengan tingkat ketelitian sangat tinggi.

Survei dengan menggunakan theodolite dilakukan bila situs yang akan dipetakan luas dan atau cukup sulit untuk diukur, dan terutama bila situs tersebut memiliki relief atau perbedaan ketinggian yang besar. Dengan menggunakan alat ini, keseluruhan kenampakan atau gejala akan dapat dipetakan dengan cepat dan efisien. Instrumen pertama lebih seperti alat survey theodolit benar adalah kemungkinan yang dibangun oleh Joshua Habermel (de: Erasmus Habermehl) di Jerman pada 1576, lengkap dengan kompas dan tripod. Awal altazimuth instrumen yang terdiri dari dasar lulus dengan penuh lingkaran di sayap vertikal dan sudut pengukuran perangkat yang paling sering setengah lingkaran.

Alidade pada sebuah dasar yang digunakan untuk melihat obyek untuk pengukuran sudut horisontal, dan yang kedua alidade telah terpasang pada vertikal setengah lingkaran. Nanti satu instrumen telah alidade pada vertikal setengah lingkaran dan setengah lingkaran keseluruhan telah terpasang sehingga dapat digunakan untuk menunjukkan sudut horisontal secara langsung. Pada akhirnya, sederhana, buka-mata alidade diganti dengan pengamatan teleskop. Ini pertama kali dilakukan oleh Jonathan Sisson pada 1725. Alat survey theodolite yang menjadi modern, akurat dalam instrumen 1787 dengan diperkenalkannya Jesse Ramsden alat survey theodolite besar yang terkenal, yang dia buat menggunakan mesin pemisah sangat akurat dari desain sendiri.

Theodolite yang menjadi modern, akurat dalam instrumen 1787 dengan diperkenalkannya Jesse Ramsden teodolit besar yang terkenal, yang dia buat menggunakan mesin pemisah sangat akurat dari desain sendiri. Sebagai teknologi progressed, di 1840s, yang sebagian lingkaran itu

vertikal diganti dengan penuh lingkaran, dan kedua vertikal dan horisontal kalangan telah lulus halus. Ini merupakan transit teodolit. Theodolites yang disesuaikan dengan waktu yang lebih luas dan berbagai mountings menggunakan. Di 1870s, yang menarik dari versi waterborne teodolit (menggunakan bandul perangkat menetralkan gelombang gerakan) telah jadian oleh Edward Samuel Ritchie. Ia digunakan oleh US Navy untuk pertama presisi survei American pelabuhan di Atlantik dan pantai Teluk.

Di dalam pekerjaan – pekerjaan yang berhubungan dengan ukur tanah, theodolit sering digunakan dalam bentuk pengukuran polygon, pemetaan situasi, maupun pengamatan matahari. Theodolit juga bisa berubah fungsinya menjadi seperti Pesawat Penyipat Datar bila sudut verticalnya dibuat 900. Dengan adanya teropong pada theodolit, maka theodolit dapat dibidikkan kesegala arah. Di dalam pekerjaan bangunan gedung, theodolit sering digunakan untuk menentukan sudut siku-siku pada perencanaan/ pekerjaan pondasi, theodolit juga dapat digunakan untuk mengukur ketinggian suatu bangunan bertingkat.

Teleskop pada theodolite dilengkapi dengan garis vertikal, stadia tengah, stadia atas dan bawah, sehingga efektif untuk digunakan dalam tacheometri, sehingga jarak dan tinggi relatif dapat dihitung. Dengan pengukuran sudut yang demikian bagus, maka ketepatan pengukuran yang diperoleh dapat mencapai 1 cm dalam 10 km. Pada saat ini alat seperti alat theodolit sudah diperbaiki dengan menambahkan suatu komponen elektronik. Komponen ini akan menembakkan beam ke objek yang direfleksikan kembali ke mesin melalui cermin. Dengan menggunakan komponen alat survey seperti alat theodolit tersebut pengukuran jarak dan tinggi relatif hanya berlangsung beberapa detik saja. Bila komponen tersebut ditempatkan pada bagian atas alat theodolite, maka disebut Electronic Distance Measurers (EDM), namun

bila merupakan satu unit tersendiri maka disebut *automatic level* atau theodolite total station.

2) Jenis-jenis Theodolite Pengukuran dan Pemetaan Hutan

   Theodolit terdiri dari dua macam :

   a) Theodolit Digital

      Jenis theodolit yang dimana cara pembacaan sudut horizontal dan vertikalnya hanya dibaca dengan otomatis pada layar yang ada dalam alat tersebut, dan cara penyentringan alatnya pun berbeda dimana theodolit digital hanya dengan cara sentering laser.

      Contoh theodolite digital :

      Nikon, Topcon N233, N200 dan N102



Gambar 8. Berbagai macam jenis theodolite digital untuk pengukuran dan pemetaan tanah secara digital.

   b) Theodolit Manual

      Jenis theodolit yang pembacaan sudut horizontal dan sudut vertikalnya hanya bisa dibaca secara manual dengan melihat ke mikroskop pembacaan horizontal dan vertikal, tetapi theodolit manual mempunyai akurasi yang sangat kecil.

The Wild Theodolite T0 Kompas adalah alat yang kompak ringan, yang dapat digunakan baik untuk mengamati dan pengaturan out magnetis Bearings atau biasa theodolit untuk mengukur atau turning off angles. Hal ini berguna untuk cepat traversing, berdasarkan magnetis Bearings, terutama di daerah-daerah di mana visibilitas terbatas dan melintasi kaki mungkin singkat. Theodolite T0 yang juga dapat digunakan untuk mengontrol tanah atau photogrammetric survei, rendah urutan rincian, untuk membangun situs atau sebagai Reconnaissance instrumen.

Contoh theodolit Manual :

Fannel Kessel T0, T1, T11 Theodolit T0





Gambar 9. Berbagai macam jenis theodolite kompas dan T0 untuk pengukuran dan pemetaan tanah.

Theodolite Kompas adalah gabungan antara theodolite dengan sebuah kompas. Tepat pada garis dan angka 0 – 180 (di piringan mendatar yang terdapat di bagian bawah dalam theodolite) dipasangkan sebatang baja bermagnet permanen yang kuat yang menjadikan pringan tersebut sebagai kompas jika kunci penahannya dilepas. Theodolit kompas yang memiliki tuas yang dapat di tekan ke bawah agar lingkaran kompas dapat berputar.

Kelebihan theodolit kompas ialah satu alat dengan kegunaan ganda, yaitu dapat berfungsi sebagai theodolit biasa sebagai alat ukur sudut mendatar dan jika kompasnya difungsikan dapat digunakan sebagai kompas dengan ketelitian tinggi. Theodolit kompas masih sesuai dan banyak digunakan dalam pengukuran penataan batas hutan, batas DAS dan kegiatan penguran terristris lainnya di Indonesia.

Fungsi utama dari theodolit adalah sebagai alat untuk mengukur sudut, dalam perkembangannya theodolit juga digunakan untuk menentukan jarak dan mencari beda tinggi antara dua titik.

Theodolit dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

(1) Menurut dasar kontruksi dibagi menjadi theodolit repetisi dan theodolit reiterasi.

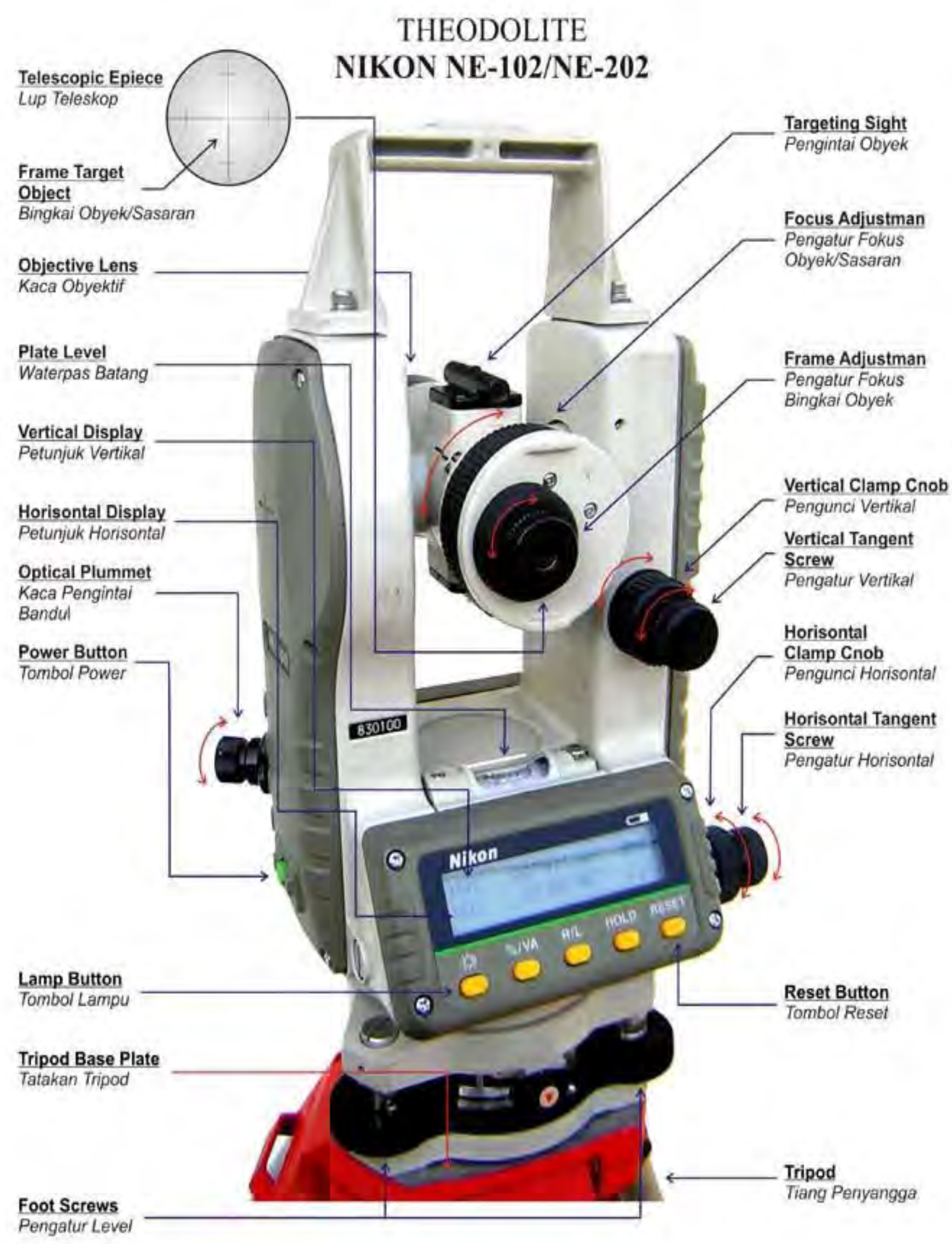
(2) Menurut ada tidaknya *boussole* (Kompas) terdiri atas *theodolit boussole*, *theodolit offset boussole* dan theodolit tanpa boussole.

(3) Menurut sistem sentering terbagi atas sentering optis, sentering mekanis,dan sentering tongkat teleskopis.

(4) Menurut skala pembacaan terbagi menjadi atas skala garis skala angka (digital) dan skala ekektronis.

3) Bagian-bagian dan Kerangka Dasar Theodolite

Secara umum, konstruksi theodolit terbagi atas tiga bagian :



Gambar 10. Contoh Theodolite digital yang ada di pasaran dan petunjuk bagian-bagiannya.

a) Bagian Atas, terdiri dari sumbu mendatar atau sumbu kedua yang diletakkan diatas kaki penyangga sumbu kedua (S2). Pada sumbu kedua ditempatkan suatu teropong yang mempunyai difragma dan dengan demikian mempunyi garis bidik. Pada sumbu kedua diletakkan pelat yang berbentuk lingkaran dilengkapi dengan skala lingkaran tegak ini ditempatkkan dua nonius pada kaki penyangga sumbu kedua, terdiri dari :

   (1) Teropong / telescope

   Teropong digunakan untuk membidik atau mengamati benda yang jauh agar terlihat dekat, jelas dan besar. Teropong theodolit menggunakan prinsip Kepler, yaitu terdiri dari lensa positif sebagai lensa obyektif dan lensa negative sebagai lensa mata atau okuler, yang bertindak sebagai loupe. Lensa obyektif memberikan bayangan nyata terbalik dan diperkecil. Bayangan ini digunakan sebagai benda oleh lensa okuler untuk selanjutunya bayangannya menjadi diperbesar, dekat dan terbalik.

   (2) Lingkaran skala tegak / vertical

   Adalah piringan dari metal atau kaca tempat kaca tempat skala lingkaran. Lingkaran ini berputar bersama teropong dan dilindungi oleh alhidade vertical.

   (3) Nivo tabung dan Nivo kotak.

   (4) Nivo teropong digunakan untuk membuat garis bidik mendatar.

   (5) Sekrup okuler dan obyektif.

   (6) Sumbu mendatar (sb. II).

   (7) Adalah sumbu perputaran teropong yang disangga oleh dua tiang penyangga kiri dan kanan.

   (8) Sekrup gerak vertical.

   (9) Sekrup gerak horizontal.

   (10) Teropong bacaan sudut vertical dan horizontal

(11) Sekrup pengunci teropong.

(12) Sekrup pengunci sudut vertical.

(13) Sekrup pengatur menit dan detik.

(14) Sekrup pengatur sudut horizontal dan vertical.

(15) Klem teropong dan Penggerak Halus.

(16) Klem teropong digunakan untuk memmatikan gerakan teropong, sedangkan skrup penggerak halus digunakan untuk gerakan halus.

(17) Alhidade Vertikal dan Nivo.

(18) Digunakan untuk melindungi piringan vertical dan nivo alhidade vertical digunakan untuk mengatur mikroskop pembacaan lingkaran vertical.

(19) Visir kasar.

Berfungsi untuk membidik obyek dengan cara kasar Bagian atas, terdiri dari sumbu kedua yang diletakkan diatas kaki penyangga sumbu kedua. Pada sumbu kedua diletakkan suatu teropong yang mempunyai diafragma dan dengan demikian mempunyai garis bidik. Pada sumbu ini pula diletakkan plat yang berbentuk lingkaran tegak sama seperti plat lingkaran mendatar.

b) Bagian Tengah. Bagian tengah, terdiri dari suatu sumbu yang dimasukkan ke dalam tabung dan diletakkan pada bagian bawah. Sumbu ini adalah sumbu tegak lurus kesatu. Diatas sumbu kesatu diletakkan lagi suatu plat yang berbentuk lingkaran yang mempunyai jari – jari plat pada bagian bawah. Pada dua tempat di tepi lingkaran dibuat alat pembaca nonius. Di atas plat nonius ini ditempatkan 2 kaki yang menjadi penyangga sumbu mendatar atau sumbu kedua dan satu nivo tabung diletakkan untuk membuat sumbu kesatu tegak lurus.

Lingkaran dibuat dari kaca dengan garis – garis pembagian skala dan angka digoreskan di permukaannya. Garis – garis tersebut sangat tipis dan lebih jelas tajam bila dibandingkan hasil goresan pada logam. Lingkaran dibagi dalam derajat sexagesimal yaitu suatu lingkaran penuh dibagi dalam 360° atau dalam grades senticimal yaitu satu lingkaran penuh dibagi dalam 400 g. Bagian tengah ini terdiri dari :

(1) Penyangga bagian atas.

(2) Kaki penyangga sumbu II (sumbu mendatar)

Pada teodolit yang baru (optis) kaki penyangga sumbu mendatar berisi prisma-prisma pemantul sinar pembacaan lingkaran horizontal.

(3) Sekrup micrometer.

(4) Sumbu tegak (sumbu I).

(5) Nivo (tabung) alhadide horizontal

Nivo alhadide horizontal digunakan untuk membuat sumbu I vertikal secara halus, setelah dilakukan pendekatan dengan nivo kotak. Kadang-kadang nivo kotak juga berdekatan dengan nivo tabung, artinya terletak pada alhadide horizontal, namun ada pula yang berada pada tribach atau kiap.

(6) Sekrup gerak horizontal.

(7) Alhidade horizontal.

Merupakan pemersatu dari kaki penyangga sumbu II dan pelindung lingkaran horizontal

(8) Piringan lingkaran horizontal.

(9) Merupakan tempat skala horizontal, terbuat dari metal dan kaca. Pada teodolit reoitisi lingkaran ini terpisah dari tribach dan dapat diatur kedudukannya, sedang pada teodolit reiterasi menjadi satu dengan tribach dan posisinya tetap.

(10) Klem dan penggerak halus alhadide horizontal.

(11) Seperti halnya pada teropong, klem ini dipakai untuk mematikan gerakan sumbu I (sumbu tegak), dan gerakan halus dilakukan dengan memutar skrup penggerak halus alhadide horizontal.

(12) Klem dan Penggerak halus limbus.

(13) Klem dan penggerak halus limbus hanya ada pada teodolit repitisi (sumbu ganda), digunakan untuk mengatur kedudukan piringan horizontal.

(14) Mikroskop pembacaan lingkaran horizontal.

(15) Pada alat yang baru (optical theodolite), mikroskop pembacaan lingkaran horizontalnya dijadikan satu dengan pembacaan lingkaran vertikal, dan untuk pembacaan yang lebih teliti, dilengkapi dengan skrup micrometer.

c) Bagian Bawah, terdiri atas tiga sekerup penyetel menyangga suatu tabung dan pelat yang berbentuk lingkaran. Pada tepi lingkaran ini dibuat skala lms yang dinamakan limbus.

(1) Lingkaran skala mendatar.

(2) Sekrup repetisi.

(3) Tiga sekrup penyetel nivo kotak (skrup ABC).

(4) Terdiri dari tiga buah skrup, digunakan untuk mengatur sumbu I agar vertikal skrup ini juga disebut leveling screw.

(5) Tribrach.

(6) Tribach merupakan tempat tumpuan dari sumbu I.

(7) Kiap.

(8) Skrup pendatar pada theodolit yang berfungsi untuk mendatarkan nivo sehingga bisa sesuai dengan standar teknis pengukuran menggunakan alat theodolite.

(9) Alat sentering optis.

(10) Pada alat lama piranti sentering berupa tempat penggantung tali unting-unting yang berada pada baut instrument. Beberapa alat bantuan Kern menggunakan sentering dengan tongkat teleskopis.

(11) Plat dasar.

(12) Plat dasar digunakan untuk menyatukan alat dengan statip. Bagian tengah plat dasar diberi lubang drat untuk baut instrument.

(13) Unting – unting.

(14) Sekrup pengunci pesawat dengan statif.

(15) Bagian bawah, terdiri dari pelat dasar dengan tiga sekrup penyetel yang menyanggah suatu tabung sumbu dan pelat mendatar berbentuk lingkaran. Pada tepi lingkaran ini dibuat pengunci limbus.

(16) Statif/ Tripoot.

Merupakan piranti untuk mendirikan alat di lapangan yang terdiri dari kepala statip dan kaki tiga yag dapat di stel ketinggiannya. Statip terbuat dari kayu atau dari metal alumunium sehingga lebih ringan.

Ketinggian statip dapat diatur, disesuaikan dengan ktinggian si pengamat danpemutaran baut statip jangan terlalu keras agar tidakk cepat rusak kepala satatip ada yang datar, melengkung (sferis), ada pula yang menyerupai bonggol (Kern) dengan sambungan alat sentering tongkat teleskopis sekaligus untuk mengukur tinggi alat.

(17) Nivo kotak

Nivo kotak dipakai sebagai penolong dalam pengaturan sumbu I vertikal secara pendekatan. Terdiri dari sumbu kedua yang diletakkan diatas kaki penyangga sumbu kedua. Pada sumbu

kedua diletakkan suatu teropong yang mempunyai diafragma dan dengan demikian mempunyai garis bidik. Pada sumbu ini pula diletakkan plat yang berbentuk lingkaran tegak sama seperti plat lingkaran mendatar. Merupakan piranti untuk mendirikan alat di lapangan yang terdiri dari kepala statip dan kaki tiga yag dapat di stel ketinggiannya.

Statip terbuat dari kayu atau dari metal alumunium sehingga lebih ringan. Ketinggian statip dapat diatur, disesuaikan si pengamat dan pemutaran baut statip jangan terlalu keras agar tidak cepat rusak. Kepala satatip ada yang datar, melengkung (sferis), ada pula yang menyerupai bonggol (Kern) dengan sambungan alat sentering tongkat teleskopis sekaligus untuk mengukur tinggi alat.

4) Persiapan dan Kelayakan Standar Pakai Theodolite Digital

Persiapan penggunaan alat disesuaikan dengan alat yang akan digunakan, secara umum untuk alat-alat ukur tanah dipersiapkan dengan keadaan/ kondisi baik layak pakai tidak terdapat kerusakan pada alat sekecil apapun karena sangat mempengaruhi terhadap kinerja dan hasil pengukuran, karena akurasi data dan ketetapan waktu pengukuran merupakan prestasi kerja juru ukur. Prinsip kerja alat ini adalah alat atau teropong atau lebih tegasnya benang diafragma mendatar pada jarak tertentu bila diputar mendatar harus membentuk bidang horizontal dan benang diafragma tegak bila diputar ke arah tegak harus membentuk/mengikuti bidang vertikal.

Untuk memenuhi prinsip kerja alat di atas dan laik untuk digunakan, alat harus dalam keadaan baik. Ada empat syarat yang harus diperhatikan dalam persiapan dan pengecekan kelayakan standar pakai Theodolite digital antara lain :

a) Sumbu tegak (sumbu I) harus benar-benar tegak.

   Bila sumbu tegak miring maka lingkaran skala mendatar tidak lagi mendatar. Hal ini berarti sudut yang diukur bukan merupakan sudut mendatar. Gelembung nivo yang terdapat pada lingkaran skala mendatar ditengah dan gelembung nivo akan tetap berada ditengah meskipun theodolit diputar mengelilingi sumbu tegak. Bila pada saat theodolit diputar mendatar dan gelembung nivo berubah posisi tidak ditengah lagi, maka berarti sumbu I tidak vertical, ini disebabkan oleh kesalahan sistim sumbu yang tidak benar, atau dapat juga disebabkan oleh posisi nivo yang tidak benar.

b) Sumbu kedua atau sumbu horizontal harus mendatar.

   Demikian pula dengan tidak mendatarnya sumbu kedua akan mengakibatkan lingkaran berskala tegak tidak betul-betul dalam keadaan vertikal, sehingga sudut yang diukur tidak betul-betul merupakan sudut vertikal. karena gerakan teropong/ garis bidik tidak vertikal.

   Garis bidik harus tegak lurus sumbu mendatar, Untuk memenuhi syarat kedua dan ketiga lakukan langkah : Gantungkan unting dan benang diusahakan agar tergantung bebas (tidak menyentuh dinding atau lantai). Setelah sumbu tegak diatur sehingga benar-benar tegak, garis bidik diarahkan ke bagian atas benang. Kunci skrup pengunci sumbu tegak dan lingkaran skala mendata. Gerakkan garis bidik perlahan. Bila sumbu mendatar tegak lurus dengan sumbu tegak dan garis bidik tegak lurus dengan sumbu

mendatar maka garis bidik akan bergerak sepanjang benang unting dari bidikan benang).

c) Teropong atau garis bidik harus tegaklurus sumbu kedua

Dengan tidak tegaklurusnya garis bidik atau teropong pada sumbu kedua akan mengakibatkan gerak teropong atau garis bidik kearah vertical selain tidak berada tepat di atas juga gerakannya tidak pada jalur yang lurus, tapi membentuk gerakan melengkung.

d) Kesalahan indeks pada skala lingkaran tegak harus sama dengan nol

Kesalahan indeks akan mengakibatkan ketidak tepatan pembacaan sudut vertikal sebesar penyimpangnnya. Kesalahan indeks ini akan terlihat apabila teropong telah diatur dalam keadaan mendatar, ternyata bacaan sudut tidak menunjukan 0 atau bacaan 90, yang menunjukkan besarnya sudut zenit.

5) Standar Teknis Perawatan Theodolite Digital

Merawat dan memeriksa alat merupakan dua kegiatan yang tidak kalah pentingnya dalam penggunaan theodolite digital karena dapat memperpanjang usia dari alat tersebut dan memberikan hasil yang terbaik.

Pada umumnya alat-alat ukur tanah adalah alat-alat optis yang rentan terhadap air, jamur dan benturan. Agar kondisi alat-alat ukur tanah tetap baik dan layak pakai, maka pemeliharaan dan pengamanannya harus mendapat perhatian yang seksama, baik selama penyimpanan, di perjalanan, selama pemakaian dan setelah pemakaian.

Merawat alat dimaksudkan sebagai memelihara alat dengan tujuan :

a) Agar alat dapat digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama.
b) Agar alat dapat digunakan dengan lancar tidak terjadi hambatan, seperti macet atau bagian tertentu lepas.
c) Menghindari terjadinya kerusakan, sehingga alat tidak dapat digunakan.

Dalam melakukan perawatan alat alangkah baik bila sekaligus dilakukan pemeriksaan terhadap alat tersebut apakah masih laik atau tidak untuk digunakan. Dari hasil pemeriksaan akan diketahui selain laik atau tidaknya untuk digunakan atau dioperasikan juga diketahui perlunya melakukan perbaikan, agar kerusakan yang terjadi tidak lebih parah. Upaya merawat/memelihara alat ukur tanah yang dapat dilakukan diantaranya adalah :

a) Kebersihan alat ukur tanah.

   Kebersihan alat ukur tanah perlu diperhatikan, alat ukur yang telah dipergunakan sebelum disimpan harus dalam keadaan lengkap, bersih dan kering, sebaiknya untuk membersihkan alat gunakanlah kain lap kering dan lembut atau semprot dengan udara kering.

b) Kalibrasi alat ukur tanah

   Kalibrasi alat ukur tanah, apapun jenis atau macamnya perlu ada tindakan penyesuaian kembali terhadap skala satuan ukuran standard. Untuk alat-alat yang berusia lama akan mengalami perubahan dalam sistem perangkat opeasionalnya sehingga akan mengakibatkan ketelitian/ akurasi alat berkurang.

c) Diperjalanan

   (1) Sebelum dibawa, periksa kondisi peralatan.

   (2) Di perjalanan, alat harus terlindung dari goncangan dan panas.

d) Selama penggunaan

   (1) Periksa ulang sebelum digunakan.

   (2) Selama pemakaian dipayungi dari terik sinar matahari.

   (3) Tidak boleh kehujanan.

   (4) Dalam penggunaan alat tidak berlaku kasar.

   (5) Pemindahan alat dilakukan dengan hati-hati, jika dipindahkan pada tripod, posisi alat harus dihadapan pembawa.

   (6) Pada kondisi lapangan yang berat, alat harus dimasukan kedalam kemasan setiap pindah tempat.

e) Selesai penggunaan.

(1) Bersihkan alat dengan lap halus.

(2) Masukkan alat ke dalam kemasan dengan posisi yang benar.

(3) Masukkan bahan pengering.

(4) Bersihkan tripod, bak ukur dan alat lain yang digunakan.

f) Penyimpanan alat ukur tanah

(1) Penyimpanan alat ukur tanah, sebaiknya ditempatkan pada suatu ruang yang kering, bebas debu dan bebas dari perubahan suhu yang besar. Pada kondisi udara yang agak lembab sebaiknya alat disimpan di luar kotak, untuk mencegah bagian optik supaya tidak kena jamur gunakan silikagel atau kapur barus dan dipasang lampu dilemari penyimpanan. Simpan dalam lemari dengan pemanas dan sirkulasi udara yang baik.

(2) Ruangan bebas debu dan sirkulasi udara yang baik.

(3) Secara periodik tiap bulan diperiksa dan dibersihkan dan jika kering, sekrup-sekrupnya diberi pelumas.

(4) Buat buku keterangan alat yang memuat; deskripsi hasil pemeriksaan, rekomendasi perbaikan kalau perlu dan catatan penggunaan.

6) Penggunaan Dan Tata Cara Pemakaian Alat Ukur Tanah Theodolite Digital

Cara penggunaan theodolit digital:

a) Cara pengaturan optis

(1) Alat diletakkan di atas patok, paku payung terlihat pada lensa teropong untuk mengetengahkan optis.

(2) Pasang statip diatas titik yang tentu dipermukaan tanah sedemikian rupa sehingga kaki-kakinya membentuk piramida sama sisi, kencangkan sekrup statip, tancapkan dengan cukup kuat kedalam tanah, dan usahakan kepala statip sedatar

mungkin, untuk memudahkan pengaturan nivo tabung dan nivo kotak dan pastikan titik tengah kepala statip berimpit dengan titik /patok.

(3) Ambil pesawat theodolit dengan hati – hati dan pasang pada kepala statip.

(4) Posisikan theodolit pada titik yang tentu (jika ada) dengan memasang unting – unting atau melihat alat duga optik.

(5) Jika posisi tidak tepat, kendurkan kunci kepala statip dan geser pada posisi yang dikehendaki, jika terlalu jauh, statip harus dicabut kembali dan dipindahkan.

(6) Ketengahkan gelembung nivo tabung dengan 3 sekrup penyama rata.

(7) Arahkan nivo tabung sejajar dengan garis penghubung sekrup A dan B.

(8) Ketengahkan gelembung nivo tabung dengan memutar sekrup A dan B secara bersamaan keluar sama keluar kedalam sama kedalam.

(9) Setelah presisi, putar badan pesawat 90˚.

(10) Ketengahkan kembali gelembung nivo tabung hanya dengan sekrup C saja, (nivo kotak akan mengikut seimbang).

(11) Pastikan gelembung nivo tabung dan nivo kotak tetap ditengah-tengah walaupun pesawat diputar ke segala arah.

(12) Bila ternyata belum seimbang, ulangi penyetelan 5a s/d 5e.

(13) Bila kedua nivo telah seimbang, tekan tombol power (switch) pada keadaan ON, dan pesawat theodolit sudah siap digunakan (sumbu I sudah vertical dan sumbu II sudah horizontal).

b) Cara penggunaan alat

(1) Memasukkan baterai ke dalam tempatnya kemudian mengetengahkan optis ke atas.

(2) Menghidupkan display dan atur sesuai keperluan.

(3) Untuk membaca sudut mendatar, arahkan teropong pada titik yang dikehendaki kemudian dibaca pada display.

(4) Untuk membaca sudut vertical, teropong diarahkan secara vertical dan kemudian dibaca pada display.

7) Pembacaan Rambu dan Pembacaan Azimuth Berdasarkan Skala Alat Ukur Tanah Digital

Dalam Ilmu Ukur Tanah yang dimaksud dengan jarak antar dua titik ialah panjang garis datar dan lurus yang menghubungkan kedua titik tersebut. Jarak dapat diketahui secara langsung dengan pengukuran mendatar dan secara tidak langsung melalui pengukuran jarak miring dan sudut lerengnya.

Sudut mendatar (horizontal) adalah sudut yang terletak pada bidang datar, jadi sudut mendatar terbentuk oleh selisih/perbedaan arah dua garis pada bidang datar, kedua garis tersebut bisa terletak pada satu bidang datar yang sama atau pada dua bidang datar yang sejajar.

Sudut mendatar dapat berupa sudut datar (saja) atau azimuth. Sudut mendatar ialah selisih dari dua arah garis pada bidang datar, apabila salah satu arah yang dijadikan acuan adalah arah utara, maka sudut tersebut disebut azimuth. Jadi sudut adalah selisih dua arah garis yang sembarang, sedangkan azimuth adalah sudut mendatar yang dibentuk oleh garis meridian bumi dengan garis bidik yang memotong meridian bumi, besarnya azimuth antara 0° sampai 360° dan dihitung positif mulai dari arah utara berputar searah jarum jam. Berikut ini merupakan cara untuk mengukur sudut menggunakan alat theodolite.

a) Cara mengukur sudut dengan cara menolkan alat

(1) Pada titik tempat berdiri alat lakukan pemusatan (centring) dan mendatarkan (leveling) alat.

(2) Putar micrometer knob (nonius) sehingga pembacaan menit dan detik menjadi 0.

(3) Longgarkan sekrup penggerak horisontal dan sekrup penggerak bagian bawah.

(4) Sambil melihat skala horisontal alat putar cincin posisi lingkaran sehingga skala pembacaan H menjadi 0.

(5) Kencangkan sekrup penggerak horisontal dan putar penggerak halus horiontal sehingga pada skala pembacaan horistal betul-betul tepat di nol.

(6) Arahkan teropong ke target belakang dengan menggunakan visir kasar.

(7) Kencangkan sekrup bagian bawah.

(8) Lihat melalui teropong, putar penggerak halus bagian bawah (jangan menggunakan penggerak halus horisontal agar skala masih tetap 00010011) untuk mempaskan obyek tepat pada benang tengah teropong.

(9) Longgarkan sekrup penggerak horisontal dan arahkan teropong ke obyek depan dengan visir kasar, kemudian kencangkan sekrup penggerak horisontal.

(10) Tepatkan obyek dengan memutar sekrup penggerak halus horisontal (jangan sekali-kali menggerakkan sekrup penggerak halus bagian bawah).

(11) Lihat pada skala horisontal, putar mikrometer knob sehingga menjadi lebih jelas tampilan angkanya.

(12) Baca dan catat skala horisontal.

b) Cara mengukur sudut dengan cara tidak menolkan alat

(1) Pada titik tempat berdiri alat lakukan pemusatan (*centring*) dan mendatarkan (*leveling*) alat.

(2) Kencangkan sekrup bagian bawah.

(3) Arahkan teropong ke target belakang dengan menggunakan visir kasar.

(4) Kencangkan sekrup penggerak horisontal dan putar penggerak halus horiontal sehingga pada skala pembacaan horistal betul-betul tepat di nol.

(5) Putar micrometer knob (nonius) sehingga pembacaan derajat skala horisotal sudah tepat.

(6) Catat pembacaan ke belakang.

(7) Longgarkan sekrup penggerak horisontal dan arahkan teropong ke obyek depan dengan visir kasar, kemudian kencangkan sekrup penggerak horisontal.

(8) Tepatkan obyek dengan memutar sekrup penggerak halus horisontal (jangan sekali-kali menggerakkan sekrup penggerak halus bagian bawah).

(9) Lihat pada skala horisontal, putar mikrometer knob sehingga menjadi lebih jelas tampilan angkanya.

(10) Baca dan catat skala horisontal

8) Menghitung jarak datar berdasarkan kepada kedudukan rambu vertical

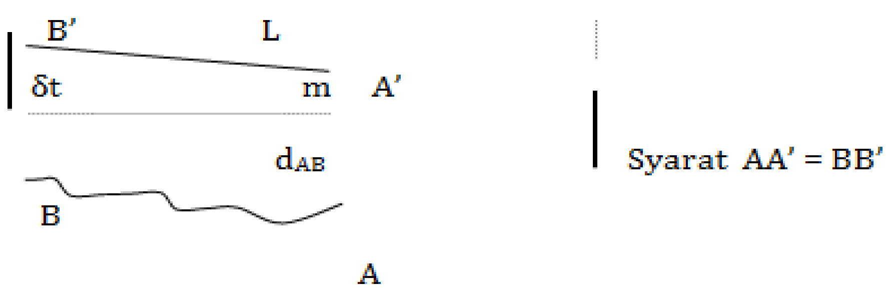
Pengukuran Jarak merupakan dasar dari seluruh kegiatan pengukuran tanah. Dalam pengukuran tanah, jarak antara dua titik berarti jarak mendatar (horizontal), apabila kedua titik berbeda ketinggiannya, maka jaraknya adalah panjang garis mendatar antara dua garis tegak (vertikal) yang melalui kedua titik tersebut.

Pekerjaan pengukuran jarak terdiri atas :

a) Mengukur jarak antara dua titik yang sudah tentu di permukaan tanah. Jadi dalam hal ini kedua titik yang ingin diketahui jaraknya sudah ada/terpasang di lapangan yang biasanya ditandai dengan pal atau patok.

b) Mengukur jarak dari suatu titik yang diketahui ke titik lainnya. Dalam hal ini hanya satu titik yang sudah ada/terpasang di lapangan, titik kedua ingin ditentukan tempatnya pada jarak tertentu dari titik pertama. Jadi yang dikerjakan disini dapat disebutkan **memasang jarak**.

Pengukuran jarak tidak langsung atau pengukuran jarak miring; Pada cara ini yang diukur adalah panjang lereng (jarak miring) antara dua titik, untuk memperoleh jarak datar iukur sudut lerengnya (m). Kemudian jarak datar dihitung dengan menggunakan aturan hitungan trigonometri. Pengukuran jarak bisa dilakukan dengan galah (kayu) ukur, rantai ukur, pita ukur ataupun dengan alat ukur jarak optis dan elektronik. Pengukurannya dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung.



Jarak miring AB = A'B' = L , jarak datar AB = d_{AB}

Perhatikan gambar di atas, yang diukur adalah panjang lereng AB, yaitu sebesar L dan sudut lereng AB yang diukur dalam sistem horizon, yaitu sebesar m. Jarak datar antara titik A dan B adalah $\mathbf{d_{AB}}$,

menggunakan aturan dalam trigonometri dengan mudah dapat kita lihat bahwa:

$$\text{Cos } m = \frac{d_{AB}}{L} \rightarrow \text{ maka; } \mathbf{d_{AB} = L \text{ Cos } m}$$

Contoh:

Pada suatu pengukuran lapangan, hasil pengukuran jarak miring dari titik A ke titik B adalah 32,50 m dan sudut kemiringan lereng dari A ke B 15 °.

Berapa jarak datar dari A ke B ?.

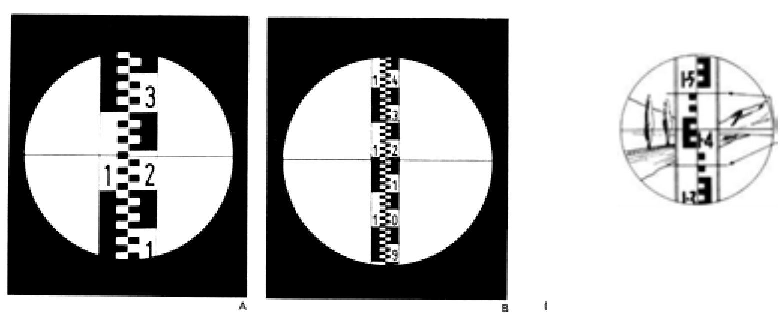
Jawab:

Jarak datar AB = L Cos m

= 32,50 Cos 15°

= 31,393 m

Pengukuran beda tinggi dan jarak optis dilakukan dengan pembacaan bak ukur melalui teropong pada alat ukur Theodolite atau sipat datar dan disebut pengukuran takimetri.



Teropong mempunyai dua benang mendatar (stadia) yang dapat digunakan mengukur jarak ke suatu bak ukur yang berdiri tegak dengan faktor perkalian bak sebesar 100. Caranya adalah dengan membaca panjang bak ukur yang dibatasi oleh kedua benang stadia tersebut (ba – bb) serta dengan membaca sudut lerengnya biasanya dalam sistim Zenith (z).

Menghitung jarak datar dari alat ukur ke bak ukur adalah:

$D = 100 \, (ba - bb) \, Sin2 \, z$.

Jika garis bidik datar atau sudut zenith 90°, maka;

$Sin2 \, 90° = 1$ sehingga $d = 100 \, (ba - bb)$

Untuk memperoleh beda tinggi, harus diukur tinggi alat ukur (ta) pada sumbu garis bidik teropong dari muka tanah dan posisi/ tinggi benang tengah (bt) pada bak ukur. Beda tinggi antara tempat alat ukur dengan tempat bak ukur dapat dihitung sebagai berikut;

$\delta t = 100 \, (ba - bb) \, Sin \, z \, Cos \, z + (ta - bt)$

Untuk mempermudah hitungan sebaiknya bak ukur dibidik pada posisi benang tengah (bt) = tinggi alat (ta), sehingga beda tingginya menjadi;

$\delta t = 100 \, (ba - bb) \, Sin \, z \, Cos \, z$

3. Refleksi

Pengukuran dan perpetaan digital mempelajari tentang alat ukur tanah digital terutama yang digunakan di bidang kehutanan. Materi yang dipelajari mulai dari pengertian dan pengenalan alat ukur digital, deskripsi dan standar kelayakan sampai dengan perawatan alat ukur.

Pengukuran dan perpetaan digital juga mengaplikasikan penggunaan SIG dalam bidang kehutanan antara lain untuk pemetaan areal kerja, penataan hutan serta pembukaan wilayah hutan dan bidang kehutanan yang lainnya.

4. Tugas

a. Bentuklah kelompok yang berisikan 4-5 peserta didik untuk kemudian membuat makalah kelompok tentang tata cara penggunaan theodolite digital.
b. Bentuklah kelompok yang berisikan 4-5 peserta didik untuk kemudian membuat pemetaan batas kawasan lingkungan sekolah kalian menggunakan GPS, theodolite digital dan Total station kemudian bandingkan hasilnya.
c. Bentuklah kelompok yang berisikan 4-5 peserta didik untuk kemudian membuat presentasi hasil pengukuran kawasan sekolah menggunakan GPS dan Theodolite digital.

5. Tes Formatif

a. Apakah yang dimaksud dengan aplikasi SIG?
b. Komponen dalam SIG meliputi apa saja?
c. Jelaskan fungsi SIG dalam bidang kehutanan!
d. Jelaskan pengertian GPS!
e. Sebutkan segmen utama sistem penyusun GPS?
f. Jelaskan tata cara pengambilan titik menggunakan theodolit digital!
g. Jelaskan prinsip kerja Total station?

C. Penilaian

1. Sikap

a. Evaluasi proses yang dilakukan selama pembelajaran

No	Aspek yang dinilai	Teknik Penilaian	Waktu Penilaian
1.	Sikap a. Terlibat aktif dalam pembelajaran pengukuran dan perpetaan digital b. Bekerjasama dalam kegiatan kelompok. c. Toleran terhadap proses pemecahan masalah yang berbeda dan kreatif. d. Jujur dan disiplin dalam mengikuti pelajaran pengukuran dan perpetaan digital e. Tanggungjawab dan responsif terhadap tugas atau pekerjaan yang diberikan kepada peserta didik	Pengamatan	Selama pembelajaran dan saat diskusi

b. Penilaian proses hasil kerja kelompok melalui presentasi dengan menggunakan instrument check list

No	Elemen yang dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1	Bekerjasama dengan kelompok				
2	Kemampuan menyampaikan pendapat				
3	Kemampuan menanggapi pendapat orang lain				
4	Menghargai saran dan pendapat sesama teman diskusi				
5	Kemampuan membuat kesimpulan				

Keterangan :

Guru mengisi dengan tanda √

1. Sama sekali tidak baik
2. Sebagian kecil baik
3. Sebagian besar baik
4. Keseluruhan baik

Nilai : (skor/ total skor) x 100

Catatan :

Peserta didik dikatakan kompeten bila nilainya :

a. 89-99 : sangat baik (kompeten)
b. 70-88 : Baik (kompeten)
c. 70 < : tidak kompeten

2. Pengetahuan

No	Aspek yang dinilai	Teknik Penilaian	Waktu Penilaian
1.	Pengetahuan a. Menjelaskan kembali jenis-jenis alat ukur dan perpetaan digital b. Mendiskripsikan tata cara penggunaan GPS c. Mendiskripsikan tata cara penggunaan Theodolite Digital	Pengamatan dan tes	Penyelesaian tugas individu dan kelompok

a. Penilaian terhadap penyelesaian tugas mandiri penggunaan GPS, theodolite atau total station ataupun bersama berupa rangkuman hasil pengamatan aplikasi SIG dalam bidang kehutanan dan ringkasan hasil diskusi.
b. Penilaian kognitif secara tertulis
   1) Jelaskan peran pentingnya mempelajari pengukuran dan perpetaan dalam pengelolaan hutan! (Skor 20).
   2) Sebutkan sistem dan element dalam GPS! (Skor 20).
   3) Jelaskan fungsi penggunaan theodolite digital dalam bidang kehutanan (skor 25).
   4) Tentukan langkah-langkah yang harus dilakukan dalam menentukan posisi pohon di lingkungan SMK menggunakan theodolite digital? (Skor 35).

   Total Skor 100

   Nilai : (skor/total skor) x 100

   Catatan : Peserta didik dikatakan kompeten apabila nilainya :

   a) 89-99 : sangat baik (kompeten).
   b) 70-88 : Baik (kompeten).
   c) 70 < : tidak kompeten.

3. Keterampilan

No	Aspek yang dinilai	Teknik Penilaian	Waktu Penilaian
1.	Keterampilan a. Terampil menggunakan GPS untuk menentukan suatu titik b. Terampil mengambil posisi titik menggunakan alat Theodolite Digital c. Terampil menentukan lokasi titik dan poligon menggunakan Total Station	Pengamatan	Penyelesaian tugas (baik individu maupun kelompok) dan saat diskusi

Penilaian terhadap penyelesaian suatu pekerjaan/ tugas yang membutuhkan kemampuan motorik peserta didik ataupun bersama berupa rangkuman hasil pengamatan pengukuran dan perpetaan digital dalam bidang kehutanan dan ringkasan hasil diskusi.

Kegiatan Pembelajaran 2. Melaksanakan Pengukuran Areal Hutan Secara Digital

A. Deskripsi

Penggunaan SIG untuk pemetaan areal hutan merupakan materi yang terkait dengan penggunaan aplikasi SIG bidang kehutanan yang mencakup mulai dari latar belakang penggunaan SIG, pengertian, komponen, data dan informasi yang dibutuhkan dalam SIG bidang kehutanan sampai dengan penggunaan SIG untuk memetakan wilayah kerja bidang kehutanan.

Materi yang lainnya adalah tatacara dan penggunaan SIG bidang kehutanan yang meliputi penentuan posisi dan lokasi suatu titik, yang dalam bidang kehutanan bisa saja berupa pal/ patok batas wilayah ataupun penentuan posisi pohon dalam hutan. Aplikasi bidang kehutanan yang lainnya adalah sebagai tambahan informasi untuk mengambil kebijakan pengelola hutan dan manajemen kehutanan dengan dasar informasi yang dapat ditampilkan oleh SIG bidang kehutanan tersebut.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembelajaran, peserta didik dapat :

a. Mendeskripsikan pengertian dan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG).
b. Menjelaskan data dan informasi apa saja yang digunakan dalam SIG untuk pemetaan areal hutan.
c. Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Pemetaan Areal Hutan dan Aplikasi di Bidang Kehutanan lainnya.

2. Uraian Materi

a. Konsep Sistem Informasi Sumber Daya Hutan

Kompleksnya permasalahan dalam pembangunan kehutanan telah menuntut ketersediaan data yang komprehensif, relevan, akurat dan terkini. Sementara itu data kehutanan, khususnya data spatial bukan merupakan data yang statis tetapi selalu berubah. Data tersebut harus diperbaharui secara teratur agar tidak menimbulkan bias pada saat digunakan dalam perencanaan dan pengambilan keputusan. Dinamika data kehutanan pada waktu yang lalu kurang mendapat perhatian dalam penyajiannya dan pengintegrasiannya sehingga informasi yang betul-betul komprehensif belum dirasakan oleh pengguna.

Dalam proses pembangunan sistem informasi yang berbasis lokasi, proses input data merupakan kegiatan yang paling banyak memakan waktu, biaya dan tenaga. Namun apabila data telah tersusun dalam satu basis data yang lengkap, maka proses pembaharuan, analisa maupun pemetaan dapat dilaksanakan. Dalam rangka menyusun basis data secara efisien dan efektif, perlu diperhatikan dan dikembangkan prinsif "*data sharing and exchange*" terutama untuk data dasar dan data penting lain. Satu tema dikerjakan secara berkali-kali oleh berbagai institusi berakibat terjadinya duplikasi data sehingga memperumit permasalahan di kemudian hari, sebaliknya siapa membuat layer dan apa harus dipertegas agar tersusun database spasial digital kehutanan yang komprehensif dan dapat diandalkan pemanfaatannya.

Hutan tropis merupakan ekosistem dan juga sumber daya alam yang penting, baik secara lokal maupun global. Beberapa fungsi dari hutan tropis adalah: produktif (ekonomis), perlindungan (ekologis), psikologis dan keagamaan, serta wisata dan pendidikan. Luas hutan tropis berkurang dengan sangat cepat selama tiga dekade belakangan ini dan laju kerusakan

hutan tropis adalah tertinggi di dunia. Faktor-faktor pendorong kerusakan hutan tropis berbeda dari negara ke negara, tetapi pada dasarnya bisa dikelompokkan menjadi tiga: faktor sosial-ekonomi, meliputi pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi, kemiskinan; faktor fisik dan lingkungan, meliputi kedekatan dari sungai dan jalan, jarak ke pusat kota, topografi, kesuburan tanah; dan kebijakan pemerintah, meliputi kebijakan di bidang pertanian, kehutanan, dan lain-lain.

Perencanaan dan pengelolaan sumber daya hutan yang baik mutlak diperlukan untuk menjaga kelestariannya. Untuk itu, diperlukan informasi yang memadai yang bisa dipakai oleh pengambil keputusan, termasuk diantaranya informasi spasial. Sistem Informasi Geografis (SIG), Penginderaan Jauh (PJ) dan *Global Positioning System* (GPS) merupakan tiga teknologi spasial yang sangat berguna. Sebagian besar aplikasi SIG untuk kehutanan belum mencakup hutan tropis, meskipun dalam sepuluh tahun ini aplikasi SIG untuk hutan tropis sudah mulai berkembang.

Semakin meningkatnya kesadaran akan nilai lingkungan hidup disamping keuntungan ekonomi yang ditawarkannya, hutan semakin banyak dikelola sebagai suatu sistem ekologis. Beberapa hal yang semakin dipandang penting adalah: (i) kehutanan sosial/kehutanan berbasiskan kemasyarakatan, yang melibatkan masyarakat lokal dalam pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya hutan, dan mempromosikan kesetaraan sosial, (ii) reforestasi dan rehabilitasi dari lahan-lahan yang rusak atau terdeforestasi, terutama melalui pengembangan perkebunan tanaman industri, (iii) penunjukkan dan pengelolaan area perlindungan dan suaka margasatwa; dan (iv) penggunaan dan pelestarian hasil hutan bukan kayu. Perubahan tujuan pengelolaan hutan tersebut diiringi oleh perubahan dalam proses perencanaan.

b. Konsep Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Georafis (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS) merupakan suatu sistem informasi yang berbasis komputer, dirancang untuk bekerja dengan menggunakan data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). Sistem ini mengcapture, mengecek, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisa, dan menampilkan data yang secara spasial mereferensikan kepada kondisi bumi. Teknologi SIG mengintegrasikan operasi-operasi umum database, seperti query dan analisa statistik, dengan kemampuan visualisasi dan analisa yang unik yang dimiliki oleh pemetaan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan Sistem Informasi lainya yang membuatnya menjadi berguna berbagai kalangan untuk menjelaskan kejadian, merencanakan strategi, dan memprediksi apa yang terjadi.

Seperti di Negara-negara yang lain, di Indonesia pengembangan SIG dimulai di lingkungan pemerintahan dan militer. Perkembangan SIG menjadi pesat semenjak di ditunjang oleh sumberdaya yang bergerak di lingkungan akademis (kampus). Kompleksnya permasalahan dalam pembangunan kehutanan telah menuntut ketersediaan data yang komprehensif, relevan, akurat dan terkini. Sementara itu data kehutanan, khususnya data spatial bukan merupakan data yang statis tetapi selalu berubah. Data tersebut harus diperbaharui secara teratur agar tidak menimbulkan bias pada saat digunakan dalam perencanaan dan pengambilan keputusan. Dinamika data kehutanan pada waktu yang lalu kurang mendapat perhatian dalam penyajiannya dan pengintegrasiannya sehingga informasi yang betul-betul komprehensif belum dirasakan oleh pengguna.

Sistem informasi geografis adalah satu sistem yang berorientasi kepada letak geografis di atas permukaan bumi, berbasis komputer yang mempunyai kemampuan mengolah, memanipulasi dan menampilkan data

spasial maupun attribute. Kata kunci dari system ini yang membedakan dengan system lain adalah "letak geografis", dimana semua informasi yang kita sajikan selalu berorientasi kepada lokasi/ koordinat tertentu di atas permukaan bumi (keruangan).

Pada dasarnya setiap informasi selalu berkaitan dengan ruang (lokasi relative di atas permukaan bumi), sehingga tidak berlebihan apabila dikatakan bahwa kebutuhan informasi keruangan adalah satu hal yang mutlak dibutuhkan oleh semua orang, sehingga informasi apapun bisa disajikan dalam system Informasi Geografis.

Data Spasial diwakil oleh peta, sedangkan data attribute bisa berupa table, anotasi, metadata dsb. Prinsip yang selalu dianut oleh GIS adalah setiap data atau obyek tertentu mempunyai identifikasi (Id) yang spesifik dan tidak ada duplikasi Id untuk semua obyek. Id berupa angka yang bisa dicreate oleh system secara otomatis maupun dibuat oleh user sendiri. Pemberian Id ini sangat penting sehingga ketika kita melakukan pencarian informasi dengan mudah kita bisa memasukan Id ini sebagai kata kunci untuk mencari obyek yang dimaksud.

Informasi permukaan bumi telah berabad-abad disajikan dalam bentuk peta. Peta yang mulai dibuat dari kulit hewan, sampai peta yang dibuat dari kertas, semuanya menyajikan data geografis dalam bentuk gambar-gambar ataupun coretan-coretan. Peta-peta umum menggambarkan topografi suatu daerah ataupun batas-batas (administratif) suatu wilayah atau negara. Sedangkan peta-peta tematik secara khusus menampilkan distribusi keruangan kenampakan-kenampakan seperti geologi, geomorfologi, tanah vegetasi, atau sumber daya alam.

Apa yang tersaji pada sebuah peta tidak lain adalah data atau informasi tentang permukaan bumi. Namun demikian suatu peta juga dapat menggambarkan distribusi sosial ekonomi suatu masyarakat, dan

sebagainya. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa peta memuat atau mengandung data yang mengacu bumi. Yang diacu tidak lain adalah posisinya yaitu sistem koordinat bumi.

c. Pengertian Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografi (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS) adalah suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang bereferensi spasial atau berkoordinat geografi atau dengan kata lain suatu SIG adalah suatu sistem basis data dengan kemampuan khusus untuk menangani data yang bereferensi keruangan (spasial) bersamaan dengan seperangkat operasi kerja (Barus dan Wiradisastra, 2000). Sedangkan menurut Anon (2001) Sistem Informasi geografi adalah suatu sistem Informasi yang dapat memadukan antara data grafis (spasial) dengan data teks (atribut) objek yang dihubungkan secara geogrfis di bumi (*georeference*). Disamping itu, SIG juga dapat menggabungkan data, mengatur data dan melakukan analisis data yang akhirnya akan menghasilkan keluaran yang dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan pada masalah yang berhubungan dengan geografi.

Sistem Informasi Geografis dibagi menjadi dua kelompok yaitu sistem manual (analog), dan sistem otomatis (yang berbasis digital komputer). Perbedaan yang paling mendasar terletak pada cara pengelolaannya. Sistem Informasi manual biasanya menggabungkan beberapa data seperti peta, lembar transparansi untuk tumpang susun *(overlay)*, foto udara, laporan statistik dan laporan survey lapangan. Kesemua data tersebut dikompilasi dan dianalisis secara manual dengan alat tanpa komputer. Sedangkan Sistem Informasi Geografis otomatis telah menggunakan komputer sebagai sistem pengolah data melalui proses digitasi. Sumber data digital dapat berupa citra satelit atau foto udara digital serta foto

udara yang terdigitasi. Data lain dapat berupa peta dasar terdigitasi (Nurshanti, 1995).

Pengertian GIS/SIG saat ini lebih sering diterapkan bagi teknologi informasi spasial atau geografi yang berorientasi pada penggunaan teknologi komputer. Dalam hubungannya dengan teknologi komputer, Arronoff (1989) dalam Anon (2003) mendifinisikan SIG sebagai sistem berbasis komputer yang memiliki kemampuan dalam menangani data bereferensi geografi yaitu pemasukan data, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan kembali), memanipulasi dan analisis data, serta keluaran sebagai hasil akhir (*output*). Sedangkan Burrough, 1986 mendefinisikan Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai sistem berbasis komputer yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, mengelola, menganalisis dan mengaktifkan kembali data yang mempunyai referensi keruangan untuk berbagai tujuan yang berkaitan dengan pemetaan dan perencanaan.

Aplikasi SIG dapat digunakan untuk berbagai kepentingan selama data yang diolah memiliki referensi geografi, maksudnya data tersebut terdiri dari fenomena atau objek yang dapat disajikan dalam bentuk fisik serta memiliki lokasi keruangan (Indrawati, 2002).

Tujuan pokok dari pemanfaatan Sistem Informasi Geografis adalah untuk mempermudah mendapatkan informasi yang telah diolah dan tersimpan sebagai atribut suatu lokasi atau obyek. Ciri utama data yang bisa dimanfaatkan dalam Sistem Informasi Geografis adalah data yang telah terikat dengan lokasi dan merupakan data dasar yang belum dispesifikasi (Dulbahri, 1993).

Data-data yang diolah dalam SIG pada dasarnya terdiri dari data spasial dan data atribut dalam bentuk digital, dengan demikian analisis yang dapat digunakan adalah analisis spasial dan analisis atribut. Data spasial merupakan data yang berkaitan dengan lokasi keruangan yang umumnya

berbentuk peta. Sedangkan data atribut merupakan data tabel yang berfungsi menjelaskan keberadaan berbagai objek sebagai data spasial.

Informasi spasial menggunakan lokasi, dalam suatu sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya. Karenanya SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa dan akhirnya memetakan hasilnya. Aplikasi SIG menjawab beberapa pertanyaan seperti : lokasi, kondisi, trend, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya.

Data spasial mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi lokasi dan informasi atribut yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1) Informasi lokasi atau informasi spasial. Contoh yang umum adalah informasi lintang dan bujur, termasuk diantaranya inforamsi datum dan proyeksi. Contoh lain dari informasi spasial yang bisa digunakan untuk mengidentifikasi lokasi misalnya adalah kode pos.
2) Informasi deskriptif (atribut) atau informasi non spasial. Suatu lokalitas bisa mempunyai beberapa atribut atau properti yang berkaitan dengannya; contonya jenis vegetasi, populasi, pendapatan per tahun, dan sebagainya.

Penyajian data spasial mempunyai tiga cara dasar yaitu dalam bentuk titik, bentuk garis dan bentuk area (*polygon*). Titik merupakan kenampakan tunggal dari sepasang koordinat x,y yang menunjukkan lokasi suatu obyek berupa ketinggian, lokasi kota, lokasi pengambilan sample dan lain-lain. Garis merupakan sekumpulan titik-titik yang membentuk suatu kenampakan memanjang seperti sungai, jalan, kontus dan lain-lain. Sedangkan area adalah kenampakan yang dibatasi oleh suatu garis yang

membentuk suatu ruang homogen, misalnya: batas daerah, batas penggunaan lahan, pulau dan lain sebagainya.

Struktur data spasial dibagi dua yaitu model data raster dan model data vektor. Data raster adalah data yang disimpan dalam bentuk kotak segi empat (grid)/sel sehingga terbentuk suatu ruang yang teratur. Data vektor adalah data yang direkam dalam bentuk koordinat titik yang menampilkan, menempatkan dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik, garis atau area (polygon) (Barus dan Wiradisastra, 2000).

Lukman (1993) menyatakan bahwa sistem informasi geografi menyajikan informasi keruangan beserta atributnya yang terdiri dari beberapa komponen utama yaitu:

1) Masukan data merupakan proses pemasukan data pada komputer dari peta (peta topografi dan peta tematik), data statistik, data hasil analisis penginderaan jauh data hasil pengolahan citra digital penginderaan jauh, dan lain-lain. Data-data spasial dan atribut baik dalam bentuk analog maupun data digital tersebut dikonversikan kedalam format yang diminta oleh perangkat lunak sehingga terbentuk basisdata (*database*). Menurut Anon (2003) basis data adalah pengorganisasian data yang tidak berlebihan dalam komputer sehingga dapat dilakukan pengembangan, pembaharuan, pemanggilan, dan dapat digunakan secara bersama oleh pengguna.
2) Penyimpanan data dan pemanggilan kembali (data storage dan retrieval) ialah penyimpanan data pada komputer dan pemanggilan kembali dengan cepat (penampilan pada layar monitor dan dapat ditampilkan/cetak pada kertas).
3) Manipulasi data dan analisis ialah kegiatan yang dapat dilakukan berbagai macam perintah misalnya overlay antara dua tema peta, membuat buffer zone jarak tertentu dari suatu area atau titik dan sebagainya. Anon (2003) mengatakan bahwa manipulasi dan analisis

data merupakan ciri utama dari SIG. Kemampuan SIG dalam melakukan analisis gabungan dari data spasial dan data atribut akan menghasilkan informasi yang berguna untuk berbagai aplikasi.

4) Pelaporan data ialah dapat menyajikan data dasar, data hasil pengolahan data dari model menjadi bentuk peta atau data tabular. Menurut Barus dan wiradisastra (2000) Bentuk produk suatu SIG dapat bervariasi baik dalam hal kualitas, keakuratan dan kemudahan pemakainya. Hasil ini dapat dibuat dalam bentuk peta-peta, tabel angka-angka: teks di atas kertas atau media lain (*hard copy*), atau dalam cetak lunak (seperti *file* elektronik).

Menurut Anon (2003) ada beberapa alasan mengapa perlu menggunakan SIG, diantaranya adalah:

1) SIG menggunakan data spasial maupun atribut secara terintegrasi.
2) SIG dapat digunakan sebagai alat bantu interaktif yang menarik dalam usaha meningkatkan pemahaman mengenai konsep lokasi, ruang, kependudukan, dan unsur-unsur geografi yang ada dipermukaan bumi.
3) SIG dapat memisahkan antara bentuk presentasi dan basis data.
4) SIG memiliki kemampuan menguraikan unsur-unsur yang ada dipermukaan bumi kedalam beberapa layer atau coverage data spasial.
5) SIG memiliki kemapuan yang sangat baik dalam memvisualisasikan data spasial berikut atributnya.
6) Semua operasi SIG dapat dilakukan secara interaktif.
7) SIG dengan mudah menghasilkan peta-peta tematik.
8) semua operasi SIG dapat di costumize dengan menggunakan perintah-perintah dalam bahaa script.
9) Peragkat lunak SIG menyediakan fasilitas untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak lain.
10) SIG sangat membantu pekerjaan yang erat kaitannya dengan bidang spasial dan geoinformatika.

Barus dan Wiradisastra (2000) juga mengungkapkan bahwa SIG adalah alat yang handal untuk menangani data spasial, dimana dalam SIG data dipelihara dalam bentuk digital sehingga data ini lebih padat dibanding dalam bentuk peta cetak, tabel atau dalam bentuk konvensional lainnya yang akhirnya akan mempercepat pekerjaan dan meringankan biaya yang diperlukan.

Sarana utama untuk penanganan data spasial adalah SIG. SIG didesain untuk menerima data spasial dalam jumlah besar dari berbagai sumber dan mengintergrasikannya menjadi sebuah informasi, salah satu jenis data ini adalah data pengindraan jauh. Pengindraan jauh mempunyai kemampuan menghasilkan data spasial yang susunan geometrinya mendekati keadaan sebenarnya dengan cepat dan dalam jumlah besar. Barus dan Wiradisastra (2000) mengatakan bahwa SIG akan memberi nilai tambah pada kemampuan pengindraan jauh dalam menghasilkan data spasial yang besar dimana pemanfaatan data pengindraan jauh tersebut tergantung pada cara penanganan dan pengolahan data yang akan mengubahnya menjadi informasi yang berguna

d. Komponen Sistem Informasi Geografis (SIG)

Untuk membangun Sistem Informasi Geografis kita membutukan beberapa komponen pendukung agar sistem tersebut bisa terbangun dan saling mendukung, komponen tersebut adalah:

1) Perangkat Keras

   Adalah perangkat komputer dan asesori lainnya yang mendukung operasional software GIS dan software pendukung lainnya. Semakin tinggi spesifikasi teknis maka semakin bagus performance sistem yang dibangun. Biasanya ada standard minimal untuk spesifikasi teknis agar software bisa running dengan baik. Pengaruh spsifikasi antara lain

kepada kecepatan pengolahan data dan akses data. Kecepatan tampilan data dan resolusi gambar serta kemampuan penyimpanan data.

2) Perangkat Lunak

Adalah GIS software dan software pendukung yang dibutuhkan dalam membangun GIS. Software GIS biasanya mempunyai tujuan yang sama untuk proyek-proyek GIS, yang membedakan adalah bentuk tampilan, bahasa pemrograman, aturan main dan fasilitas purna jual. Yang perlu diperhatikan adalah :

a) Software yang dibeli bisa memenuhi kebutuhan dan harus disesuikan dengan kebutuhan.
b) Software cukup popular dan banyak dipakai user.
c) Ada jaminan maintenance.
d) Bisa berkomunikasi dengan software umum lainnya.

Untuk software pendukung lain seperti OS, Dbase dan Network adalah software yang umum dipakai di pasaran seperti Windows Xp, Windows 2000, Access, SQL server, Oracle, Windows Server 2003 serta software pendukung lainnya.

3) Data

Komponen ini mempunyai peranan yang sangat penting karena dari sinilah sebenarnya tujuan akhir bisa tercapai atau tidak, komponen ini menyerap dana yang lebih besar dibandingkan dengan komponen lainnya.

Data yang benar sangat diperlukan agar informasi yang dihasilkan benar dan *up to date*. Data bisa berupa :

a) Raster seperti citra satelit.
b) Vektor seperti peta topografi.
c) Image (foto).
d) Atribut bisa berupa apa saja yang menerangkan data spasial.

Sedangkan tipe data bisa berupa :

a) Titik, merupakan simbol atau lokasi suatu obyek.
b) Garis, mengambarkan bentuk liner misalnya jalan atau sungai.
c) Poligon, menggambarkan luasan.
d) Teks, merupakan deskripsi dari suatu obyek.

Keempat tipe data di atas adalah tipe data pada umumnya yang dipakai dalam pembangunan SIG. Data titik bisa berupa data bangunan, kedalaman dan sebagainya. Data garis misalnya batas administrasi. Data poligon seperti tata guna lahan, sedangkan data teks berupa keterangan yang menerangkan data spasial.

4) Sumber Daya Manusia

Struktur organisasi dalam proyek SIG sangat dibutuhkan agar sistem dapat berjalan dengan baik. Dalam suatu organisasi proyek SIG biasanya dibutuhkan manajer, staf, administrator dan tenaga ahli SIG, remote sensing dan programmer yang masing-masing mempunyai keahlian dan tugas yang jelas.

e. Manfaat Sistem Informasi Geografis (SIG) Bidang Kehutanan

Banyak manfaat SIG untuk mendukung perencanaan yang mantap, dan pemetaan hanyalah salah satu dari sekian banyak manfaat tersebut. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan SIG maka berbagai manfaat SIG diuraikan sebagai berikut :

1) Penyusunan Basis Data Digital Kehutanan

Dengan tersusunnya data spatial dan non spatial dalam satu Basis data maka berbagai pertanyaan yang berkaitan dengan unsur lokasi ataupun keterangan dapat dijawab, misal HPH apa, siapa pemiliknya, dimana, berapa luasnya, jangka beroperasinya dsb. Tahap awal untuk dapat menjawab fenomena-fenomena geografis tersebut adalah dengan

menyusun basis data digital yang pada dasarnya merupakan kegiatan yang paling memakan waktu, tenaga dan biaya.

Data digital akan tersusun dan disimpan secara per layer. Penyimpanan data semacam ini memiliki berbagai keuntungan karena dapat disajikan kembali sesuai dengan kebutuhan (dari yang sangat sederhana misal : peta jaringan jalan saja sampai dengan peta yang sangat komplek misal : peta vegetasi hutan dan penggunaan lahan yang memuat beberapa layer).

2) Pemantauan Kegiatan Kehutanan

Apabila basis data spasial digital telah terbentuk, kegiatan editing ataupun pembahruan data (spatial atau non spatial) dapat dilaksanakan dengan mudah (tidak perlu dilakukan dari awal). Dengan demikian kegiatan monitoring dapat dilakukan secara periodik dengan lebih cepat untuk mengantisipasi pola atau kecenderungan yang bakal terjadi. Sebagai contoh : Pemantauan perubahan hutan, Pemantauan perambah hutan, Pemantauan pelepasan kawasan hutan dsb.

3) Sarana Pengambilan Keputusan

Penyusunan data secara berlapis-lapis akan memudahkan pemahaman, pemrosesan, analisis data spasial kehutanan. Sepanjang tujuan dari suatu kegiatan dapat dijabarkan dengan jelas melalui penguraian kriteria spasial numerik serta didukung data spasial yang ada (sudah tersedia secara digital pada basis data digital), maka SIG dapat digunakan sebagai alat analisis untuk memperoleh jawaban dari pertanyaan yang diberikan.

4) Koordinasi dan Integrasi

SIG dapat dikembangkan dalam sistem jaringan, sehingga memudahkan komunikasi melalui akses, sharing data antar instansi secara kompatibel. Komunikasi data dapat dilakukan secara real time melalui

fasilitas internet. Komunikasi data ini akan dapat dilaksanakan secara lebih mudah lagi jika ditunjang oleh keseragaman bahsa dalam pemanfaatannya sehingga satu tema dapat dimanfaatkan secara bersama-sama (*sharing dan exchange*). Untuk menghindari duplikasi, keraguan atau kesalahan dalam pemanfaatan data spasial maka perlu diatur standarisasi yang berkaitan dengan data spasial dan non spasial serta keterkaitan keduanya.

f. Data dan Informasi yang dipergunakan dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) Bidang Kehutanan

SIG tidak hanya menangani peta atau gambar; SIG menangani database. Konsep database merupakan pusat dari SIG dan merupakan perbedaaan utama antara SIG dan sistem drafting sederhana atau sistem pemetaan komputer yang hanya dapat memproduksi output grafik yang baik. Semua SIG kontemporer menggabungkan sistem manajemen data.

Jika kita menginginkan lebih dari sekedar pembuatan gambar, kita perlu mengetahui tiga bagian informasi tentang setiap *feature* yang disimpan pada komputer :

1) Apa *feature* tersebut.
2) Dimana *feature* berada.
3) Bagaimana hubungan *feature* tersebut dengan *feature* lainnya.

Sistem database melengkapi alat penyimpanan informasi seperti ini dengan selang yang luas dan alat perbaikan (*updating*) informasi tersebut tanpa perlu menulis lagi program setelah data baru dimasukkan.

Pada dasarnya, SIG memberi kita kemampuan untuk menyatukan informasi dengan feature pada peta dan untuk membuat hubungan baru yang bisa mendeterminasi kesesuaian berbagai tempat untuk pengembangan,

mengevaluasi dampak lingkungan, menghitung volume panen, mengidentifikasi lokasi terbaik untuk fasilitas baru, dan sebagainya.

1) Feature Peta

   Ada dua jenis informasi peta yang utama :

   a) Informasi spasial yang menjelaskan lokasi dan bentuk *feature* geografi dan hubungan spasialnya dengan *feature* lain.
   b) informasi deskriptif tentang feature

   Informasi yang disampaikan oleh peta disajikan secara grafik sebagai kumpulan komponen peta. Informasi lokasional disajikan dengan titik untuk feature seperti mata air dan tiang telepon; garis untuk feature seperti jalan, aliran sungai dan saluran pipa; area untuk feature seperti danau, batas administrasi, dan wilayah sensus.

2) Feature titik

   Feature titik disajikan oleh lokasi diskret yang menentukan obyek peta yang batas atau bentuknya terlalu kecil untuk ditunjukkan sebagai feature garis atau area. Atau, yang menyajikan titik yang tidak mempunyai area, seperti ketinggian dari puncak gunung. Simbol atau label khusus, biasanya menggambarkan lokasi titik.

3) Feature garis

   Feature garis adalah kumpulan koordinat berurutan yang bila dihubungkan akan menyajikan bentuk linier dari obyek yang terlalu sempit untuk ditampilkan sebagai area. Atau, berupa feature yang tidak mempunyai lebar, seperti garis kontur.

4) Feature area

   Feature area adalah gambar tertutup yang batasnya melingkupi area homogen, seperti batas propinsi, kabupaten, batas kawasan hutan dan sebagainya.

Secara teoritis, objek yang ada dalam space geografi dapat dibagi menjadi 2 jenis informasi. Jenis pertama yang tekait dengan lokasi mereka di bumi lebih dikenal dengan istilah data spasial. Jenis kedua yang mengidentifikasi properti non spasial dari objek dan disebut sebagai data atribut. Data atribut dapat diukur dalam skala nominal, ordinal, interval, dan ratio. Atribut inilah yang biasanya digunakan oleh ilmuwan non spasial untuk menggambarkan klasifikasi objek sesuai nilai atribut yang dimiliki.

1) Data Spasial

   Sebagian besar data yang akan ditangani dalam SIG merupakan data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya dan mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (attribute) yang dijelaskan berikut ini :

   a) Informasi lokasi (spasial), berkaitan dengan suatu koordinat baik koordinat geografi (lintang dan bujur) dan koordinat XYZ, termasuk diantaranya informasi datum dan proyeksi.
   b) Informasi deskriptif (atribut) atau informasi non spasial, suatu lokasi yang memiliki beberapa keterangan yang berkaitan dengannya, contohnya : jenis vegetasi, populasi, luasan, kode pos dan sebagainya.

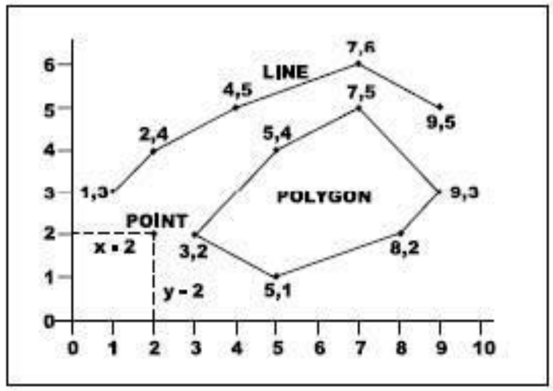
2) Format Data Spasial

   Secara sederhana format dalam bahasa komputer berarti bentuk dan kode penyimpanan data yang berbeda antara file satu dengan lainnya. Dalam SIG, data spasial dapat direpresentasikan dalam dua format, yaitu:

   a) Data Vektor

      Data vektor merupakan bentuk bumi yang direpresentasikan ke dalam kumpulan garis, area (daerah yang dibatasi oleh garis yang

berawal dan berakhir pada titik yang sama), titik dan *nodes* (merupakan titik perpotongan antara dua buah garis).

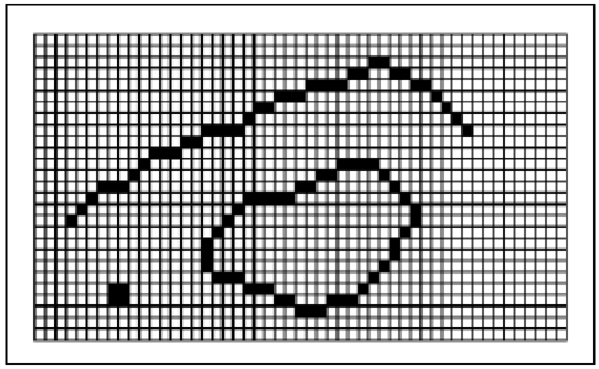


Gambar 11. Data Vektor

Keuntungan utama dari format data vektor adalah ketepatan dalam merepresentasikan fitur titik, batasan dan garis lurus. Hal ini sangat berguna untuk analisa yang membutuhkan ketepatan posisi, misalnya pada basisdata batas-batas kadaster. Contoh penggunaan lainnya adalah untuk mendefinisikan hubungan spasial dari beberapa *fitur*. Kelemahan data vektor yang utama adalah ketidakmampuannya dalam mengakomodasi perubahan gradual.

b) Data Raster

Data raster (atau disebut juga dengan sel grid) adalah data yang dihasilkan dari sistem Penginderaan Jauh. Pada data raster, obyek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel grid yang disebut dengan pixel (*picture element*).



Gambar 12.Data Raster

Pada data raster, resolusi (definisi visual) tergantung pada ukuran pixel-nya. Dengan kata lain, resolusi pixel menggambarkan ukuran sebenarnya di permukaan bumi yang diwakili oleh setiap pixel pada citra. Semakin kecil ukuran permukaan bumi yang direpresentasikan oleh satu sel, semakin tinggi resolusinya. Data raster sangat baik untuk merepresentasikan batas-batas yang berubah secara gradual, seperti jenis tanah, kelembaban tanah, vegetasi, suhu tanah dan sebagainya. Keterbatasan utama dari data raster adalah besarnya ukuran file; semakin tinggi resolusi grid-nya semakin besar pula ukuran filenya dan sangat tergantung pada kapasistas perangkat keras yang tersedia.

Masing-masing format data mempunyai kelebihan dan kekurangan. Pemilihan format data yang digunakan sangat tergantung pada tujuan penggunaan, data yang tersedia, volume data yang dihasilkan, ketelitian yang diinginkan, serta kemudahan dalam analisa. Data vektor relatif lebih ekonomis dalam hal ukuran file dan presisi dalam lokasi, tetapi sangat sulit untuk digunakan dalam komputasi matematik. Sedangkan data raster biasanya membutuhkan ruang penyimpanan file yang lebih besar dan presisi lokasinya lebih rendah, tetapi lebih mudah digunakan secara matematis.

3) Sumber Data Spasial

Salah satu syarat SIG adalah data spasial, yang dapat diperoleh dari beberapa sumber antara lain :

a) Peta Analog

Peta analog (antara lain peta topografi, peta tanah dan sebagainya) yaitu peta dalam bentuk cetak. Pada umumnya peta analog dibuat dengan teknik kartografi, kemungkinan besar memiliki referensi spasial seperti koordinat, skala, arah mata angin dan sebagainya.

Dalam tahapan SIG sebagai keperluan sumber data, peta analog dikonversi menjadi peta digital dengan cara format raster diubah menjadi format vektor melalui proses dijitasi sehingga dapat menunjukan koordinat sebenarnya di permukaan bumi.

b) Data Sistem Penginderaan Jauh

Data Penginderaan Jauh (antara lain citra satelit, foto-udara dan sebagainya), merupakan sumber data yang terpenting bagi SIG karena ketersediaanya secara berkala dan mencakup area tertentu. Dengan adanya bermacam-macam satelit di ruang angkasa dengan spesifikasinya masing-masing, kita bisa memperoleh berbagai jenis citra satelit untuk beragam tujuan pemakaian. Data ini biasanya direpresentasikan dalam format raster.

c) Data Hasil Pengukuran Lapangan

Data pengukuran lapangan yang dihasilkan berdasarkan teknik perhitungan tersendiri, pada umumnya data ini merupakan sumber data atribut contohnya: batas administrasi, batas kepemilikan lahan, batas persil, batas hak pengusahaan hutan dan lain-lain.

d) Data GPS (*Global Positioning System*)

Teknologi GPS memberikan terobosan penting dalam menyediakan data bagi SIG. Keakuratan pengukuran GPS semakin tinggi dengan berkembangnya teknologi. Data ini biasanya direpresentasikan dalam format vektor. Pembahasan mengenai GPS akan diterangkan selanjutnya.

4) Peta, Proyeksi Peta, Sistem Koordinat, Survey dan GPS

Data spatial yang dibutuhkan pada SIG dapat diperoleh dengan berbagai cara, salah satunya melalui survei dan pemetaan yaitu penentuan posisi/koordinat di lapangan.

GPS adalah singkatan dari *Global Positioning System* yang merupakan sistem untuk menentukan posisi dan navigasi secara global dengan menggunakan satelit. Sistem yang pertama kali dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika ini digunakan untuk kepentingan militer maupun sipil (Survei dan pemetaan). Sistem GPS yang nama aslinya adalah NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*), mempunyai tiga segmen yiatu : satelit, pengontrol, dan penerima/pengguna. Satelit GPS yang mengerobit bumi dnegan orbit dan kedudukan yang tetap (koordinatnya pasti), seluruhnya berjumlah 24 buah aktif bekerja dan 3 buah sisanya adalah cadangan. Dalam bidan survei dan pemeteaan, GPS dapat digunakan untuk menentukan posisi titik-titik lokasi yang diperlukan di lapangan. Posisi yang diperoleh adalah posisi yang benar terhadap sistem koordinat bumi dengan mengetahui posisinya yang pasti, lokasi biasa maupun transek dapat diplotkan kedalam peta kerja.

Terdapat dua klasifikasi tentang sistem koordinat yang diapaki oleh GPS maupun dalam pemetaan yaitu: sistem koordinat global yang biasa disebut sebagai koordinat Geografi dan sistem koordinat di dalam bidang proyeksi :

a) Koordinat Geografi diukur dalam lintang dan bujur dalam besaran derajad desimal, derajat menit desimal, atau derajad menit detik. Lintang diukur terhadap equator sebagai titik Nol (0^0 sampai 90^0 positif kearah utara dan 0^0 sampai 90^0 negatif kearah selatan). Bujur diukur berdasarkan titik Nol di Greenwich→ 0^0 sampai 180^o kearah timur dan 0^o sampai 180^o kearah barat.

b) Koordinat di dalam bidang proyeksi merupakan koordinat yang dipakai pada sistem proyeksi tertentu. Umumnya berkait erat dengan sistem proyeksinya, walaupun adakalanya (karena merupakan memungkinkan) digunakan koordinat Geografi dalam bidang proyeksi. Beberapa sistem proyeksi yang lazim digunakan di Indonesia di antaranya adalah : Proyeksi Merkator, Tranverse Merkator, Universal Tranverse Merkator (UTM), Kerucut Konformal. Masing-masing sistem tersebut ada kelebihan dan kekurangan, dan pemilihan proyeksi umumnya didasarkan pada tujuan peta yang akan dibuat. Dari beberapa sistem proyeksi tersebut, proyeksit Transverse Merkator dan proyeksi Universal Tranverse Merkator-lah yang banyak dipakai di Indonesia.

   Membicarakan sistem koordinat dalam bidang proyeksi tidak dapat terlepas dari datum yang digunakan. Ada dua macam datum yang umum digunakan dalam perpetaan yaitu datum horisontal dan datum vertikal. Datum horisontal dipakai untuk menentukan koordiant peta (X,Y), sedangkan datum vertikal untun menentukan elevasi (Peta Topografi) ataupun kedalaman (Peta batimetri). Perhitungan dilakukan dengan trnsformasi matematis tertentu. Dengan demikian transformasi antar datum, antar sistem proyeksi, dan antar sistem koordinat dapat dilakukan.

g. Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) Bidang Kehutanan

Penggunaan SIG di bidang kehutanan mencakup fungsi yang cukup luas untuk membantu pengelolaan bidang kehutanan di Indonesia. Berikut ini merupakan beberapa aplikasi SIG dalam bidang kehutanan, antara lain :

1) Metoda Penentuan Posisi

   Metoda penentuan posisi adalah cara untuk mendapatkan informasi koordinat suatu objek (contoh koordinat titik batas, koordinat batas persil tanah dan lain-lain) di lapangan. Metoda penentuan posisi dapat dibedakan dalam dua bagian, yaitu metoda penentuan posisi terestris dan metoda penentuan posisi extra-terestris (satelit). Pada metoda terestris penentuan posisi titik dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap target atau objek yang terletak di permukaan bumi. Beberapa contoh metoda yang umum digunakan adalah :

   a) Metode poligon.
   b) Metode pengikatan ke muka.
   c) Metode pengikatan ke belakang.
   d) Dan lain-lain.

   Pada metode ekstra terestris penentuan posisi dilakukan berdasarkan pengamatan terhadap benda atau objek di angkasa seperti bintang, bulan, quasar dan satelit buatan manusia, beberapa contoh penentuan posisi extra terestris adalah sebagai berikut :

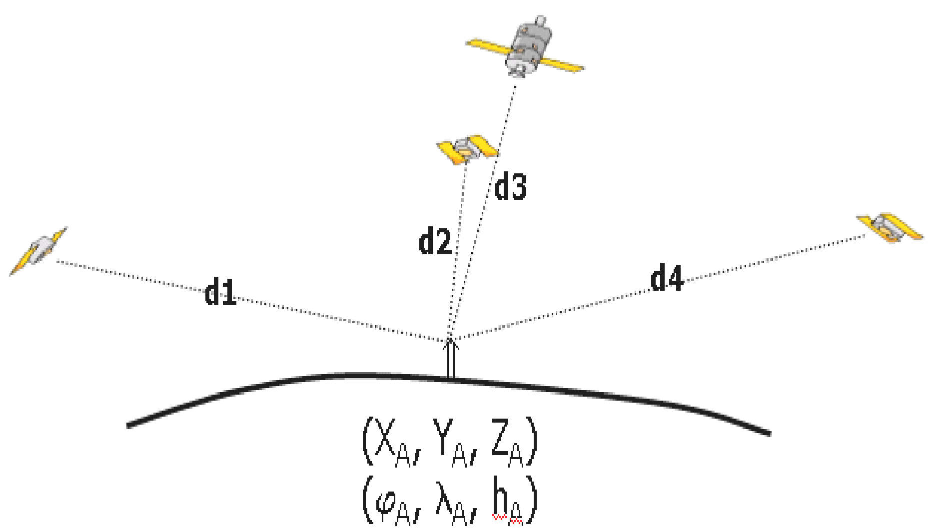
   a) Astronomi geodesi.
   b) Transit Dopler.
   c) *Global Positioning System* (GPS).
   d) Dan lain-lain.

Beberapa metode dalam penentuan posisi suati titik/ objek untuk yang umum digunakan dalam bidang aplikasi kehutanan antara lain :

a) Metode Penentuan Posisi Global (GPS)

GPS adalah sistem navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit yang dikembangkan dan dikelola oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat. GPS dapat memberikan informasi tentang posisi, kecepatan dan waktu di mana saja di muka bumi setiap saat, dengan ketelitian penentuan posisi dalam fraksi milimeter sampai dengan meter.

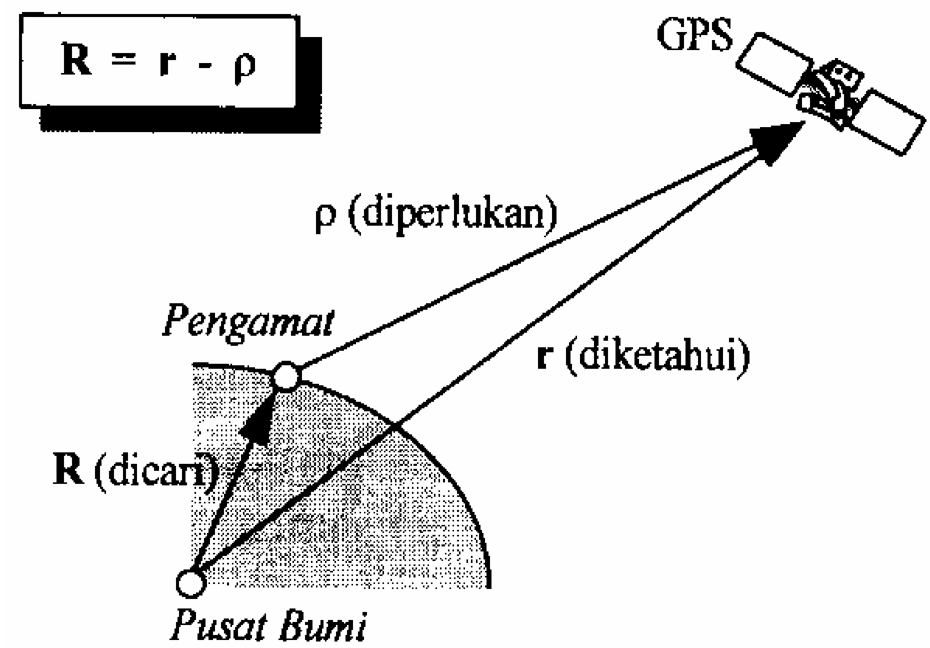
Kemampuan jangkauannya mencakup seluruh dunia dan dapat digunakan banyak orang setiap saat pada waktu yang sama (Abidin,H.Z, 1995). Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS adalah perpotongan ke belakang dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS seperti gambar berikut :



Gambar 13. Satelit GPS dari berbagai posisi

b) Metoda-metoda Penentuan Posisi dengan GPS

Pada dasarnya konsep dasar penentuan posisi dengan satelit GPS adalah pengikatan ke belakang dengan jarak, yaitu mengukur jarak ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Perhatikan gambar 14 berikut :



Gambar 14. Prinsip Dasar Penentuan Posisi dengan GPS (sumber Abidin H.Z)

Penentuan posisi dengan GPS dapat dikelompokkan atas beberapa metoda diantaranya :

(1) Metoda absolut

Penentuan posisi dengan GPS metode absolut adalah penentuan posisi yang hanya menggunakan 1 alat receiver GPS. Karakteristik penentuan posisi dengan cara absolut ini adalah sebagai berikut :

- ❖ Posisi ditentukan dalam sistem WGS 84 (terhadap pusat bumi).

- ❖ Prinsip penentuan posisi adalah perpotongan ke belakang dengan jarak ke beberapa satelit sekaligus.
- ❖ Hanya memerlukan satu receiver GPS.
- ❖ Titik yang ditentukan posisinya bisa diam (statik) atau bergerak (kinematik).
- ❖ Ketelitian posisi berkisar antara 5 sampai dengan 10 meter.
- ❖ Aplikasi utama untuk keperluan navigasi, metoda penentuan posisi absolut ini umumnya menggunakan data pseudorange dan metoda ini tidak dimaksudkan untuk aplikasi-aplikasi yang menuntut ketelitian posisi yang tinggi.

(2) Metoda relatif (differensial)

Penentuan posisi relatif atau metoda differensial adalah menentukan posisi suatu titik relatif terhadap titik lain yang telah diketahui koordinatnya, pengukuran dilakukan secara bersamaan pada dua titik dalam selang waktu tertentu. Selanjutnya dari data hasil pengamatan diproses/dihitung akan didapat perbedaan koordinat kartesian 3 dimensi (dx, dy, dz) atau disebut juga dengan baseline antar titik yang diukur. Karakteristik umum dari metoda penentuan posisi ini adalah sebagai berikut :

- ❖ Memerlukan minimal 2 receiver, satu ditempatkan pada titik yang telah diketahui koordinatnya.
- ❖ Posisi titik ditentukan relatif terhadap titik yang diketahui.
- ❖ Konsep dasar adalah differencing process dapat mengeliminir atau mereduksi pengaruh dari beberapa kesalahan dan bias.
- ❖ Bisa menggunakan data pseudorange atau fase.

- ❖ Ketelitian posisi yang diperoleh bervariasi dari tingkat mm sampai dengan dm.
- ❖ Aplikasi utama: survei pemetaan, survei penegasan batas, survei geodesi dan navigasi dengan ketelitian tinggi.

2) Pemetaan Batas Kawasan Hutan dengan GPS

Berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Planologi Kehutanan Nomor: P.9/VII-SET/2012 tentang Petunjuk Penataan Batas Kawasan Hutan Dengan Menggunakan GPS (Global Positioning System), pemetaan batas kawasan hutan dengan GPS menggunakan metode differential positioning rapid static/radial yaitu menggunakan lebih dari 1 receiver GPS, sekurang-kurangnya satu receiver ditempatkan pada titik yang telah diketahui koordinatnya (monitor station/base) seperti jaringan titik kontrol yang dibuat Kementerian Kehutanan atau titik kontrol Bakosurtanal sekurang-kurangnya orde 2 dan receiver lainnya pada tanda batas sebagai rover.

Akurasi / ketelitian pengukuran adalah 0,3 mm kali skala peta. (Skala peta tata batas adalah 1:25.000 sehingga akurasi alat yang diperlukan adalah ± 7,5 m sesuai dengan Standar Nasional Indonesia yang disusun oleh Badan Standarisasi Nasional No. SNI 6502.2:2010 tentang spesifikasi penyajian peta rupa bumi bagian 2, skala 1:25.000.

3) Aplikasi Pemetaan Sumber Daya Hutan dengan Sistem Informasi Geografis

Data mengenai sumber daya hutan hampir selalu mempunyai komponen spasial/keruangan. Oleh karena itu sumber daya hutan dapat dianalisis secara spasial. Banyak kegiatan di bidang kehutanan yang menggunakan SIG untuk melakukannya.

Alasan penggunaan SIG di bidang kehutanan diantaranya:

a) SIG membantu pengelola sumber daya hutan dalam pengambilan keputusan mulai dari kegiatan perencanaan (pembentukan KPH) sampai dengan pengelolaan hutan.
b) SIG mampu memproduksi peta secara singkat, ter-otomatisasi, berulang dengan cepat .
c) Bisa membantu menyelesaikan beberapa proses yang menuntut kemampuan analisis–analisis spasial (tata ruang).
d) SIG melakukan analisis secara efisien, karena harga hardware dan software yang semakin terjangkau.
e) SIG mampu bekerja dari informasi yang dikumpulkan guna mempermudah pemetaan dan pemodelan thd bentang alam sumber daya hutan atau untuk mempermudah untuk mengevaluasi kebijakan pengelolaan.
f) SIG mampu mempermudah eksplorasi secara efisien terhadap informasi yang terkait dengan sumberdaya alam.
g) SIG menyediakan operasi-operasi dasar yang diperlukan dalam pengelolaan hutan seperti penampilan data, penghitungan pengukuran-pengukuran dan pembuatan peta dari obyek-obyek yang diinginkan.

Beberapa contoh penggunaan SIG dalam bidang kehutanan diantaranya adalah:

a) Pembuatan peta – SMART MAP
b) Basis data spasial kehutanan:
    (1) Perencanaan (Penatagunaan hutan, kesatuan pengelolaan wilayah, rencana karya).
    (2) Pengelolaan (tata hutan, pemanfaatan areal hutan, rehabilitasi, konservasi dan reklamasi, perlindungan hutan).
    (3) Pengawasan – monitoring (audit sumberdaya hutan).

c) Pemodelan spasial:

(1) Penanggulangan bencana,

(2) Penataan ruang,

(3) Penelusuran (*query*),

(4) analisis sensitifitas areal (rawan bencana alam, kebakaran hutan, kesesuaian lahan),

(5) pemodelan prediktif rehabilitasi dan reklamasi hutan.

(6) Simulasi dampak lingkungan suatu proyek.

3. **Refleksi**

Penggunaan SIG untuk pemetaan areal hutan merupakan materi yang terkait dengan penggunaan aplikasi SIG bidang kehutanan yang mencakup mulai dari latar belakang penggunaan SIG, pengertian, komponen, data dan informasi yang dibutuhkan dalam SIG bidang kehutanan sampai dengan penggunaan SIG untuk memetakan wilayah kerja bidang kehutanan.

Beberapa fungsi penggunaan Sistem Informasi Geografis dalam bidang kehutanan antara lain :

a. Menentukan posisi ataupun lokasi dengan GPS.
b. Pemetaan batas kawasan dengan GPS.
c. Aplikasi Pemetaan Sumber Daya Hutan dengan Sistem Informasi Geografis.

4. **Tugas**

a. Bentuklah kelompok yang berisikan 4-5 peserta didik untuk kemudian membuat makalah dan presentasi kelompok tentang seluk beluk perkembangan SIG dalam bidang kehutanan di Indonesia.
b. Bentuklah kelompok yang berisikan 4-5 peserta didik untuk kemudian membuat pemetaan posisi pohon yang ada di sekitar lingkungan sekolah kalian.

5. **Tes Formatif**

a. Apakah yang dimaksud dengan SIG?
b. Sebutkan Sumber-sumber penghasil data Spasial?
c. Apakah Perbedaan antara data Raster dan Vektor?
d. Jelaskan komponen pendukung dalam SIG!
e. Bagaimakah langkah-langkah dalam menentukan posisi titik dalam aplikasi GPS dalam bidang kehutanan?
f. Jelaskan fungsi-fungsi aplikas SIG dalam bidang kehutanan di Indonesia?

C. Penilaian

1. Sikap

a. Evaluasi proses yang dilakukan selama pembelajaran

No	Aspek yang dinilai	Teknik Penilaian	Waktu Penilaian
1.	Sikap a. Terlibat aktif dalam pembelajaran pengukuran dan perpetaan digital b. Bekerjasama dalam kegiatan kelompok. c. Toleran terhadap proses pemecahan masalah yang berbeda dan kreatif. d. Jujur dan disiplin dalam mengikuti pelajaran pengukuran dan perpetaan digital e. Tanggungjawab dan responsif terhadap tugas atau pekerjaan yang diberikan kepada peserta didik	Pengamatan	Selama pembelajaran dan saat diskusi

b. Penilaian proses hasil kerja kelompok melalui presentasi dengan menggunakan instrument check list

No	Elemen yang dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1	Bekerjasama dengan kelompok				
2	Kemampuan menyampaikan pendapat				
3	Kemampuan menanggapi pendapat orang lain				
4	Menghargai saran dan pendapat sesama teman diskusi				
5	Kemampuan membuat kesimpulan				

Keterangan :

Guru mengisi dengan tanda √

1. Sama sekali tidak baik
2. Sebagian kecil baik
3. Sebagian besar baik
4. Keseluruhan baik

Nilai : (skor/ total skor) x 100

Catatan :

Peserta didik dikatakan kompeten bila nilainya :

a. 89-99 : sangat baik (kompeten)
b. 70-88 : Baik (kompeten)
c. 70 < : tidak kompeten

2. Pengetahuan

No	Aspek yang dinilai	Teknik Penilaian	Waktu Penilaian
1.	Pengetahuan a. Menjelaskan kembali pengertian SIG b. Mendiskripsikan komponen penyusun SIG c. Data dan informasi apa saja yang dibutuhkan untuk SIG	Pengamatan dan tes	Penyelesaian tugas individu dan kelompok

a. Penilaian terhadap penyelesaian tugas mandiri ataupun bersama berupa rangkuman hasil pengamatan aplikasi SIG dalam bidang kehutanan dan ringkasan hasil diskusi.
b. Penilaian kognitif secara tertulis
   1) Jelaskan peran pentingnya mempelajari SIG dalam pengelolaan hutan! (Skor 20).
   2) Sebutkan komponen SIG yang kalian ketahui! (Skor 20).
   3) Jelaskan data apa saja yang dibutuhkan dalam aplikasi SIG Bidang Kehutanan (skor 25).
   4) Tentukan langkah-langkah yang harus dilakukan dalam seting GPS sebelum menentukan posisis pohon di lingkungan SMK? (Skor 35).

Total Skor 100

Nilai : (skor / total skor) x 100

Catatan :

Peserta didik dikatakan kompeten bila nilainya :

1) 89-99 : sangat baik (kompeten)
2) 70-88 : Baik (kompeten)
3) 70 < : tidak kompeten

3. Keterampilan

No	Aspek yang dinilai	Teknik Penilaian	Waktu Penilaian
1.	Keterampilan a. Terampil menjelaskan jenis dan fungsi SIG dalam bidang kehutanan b. Terampil mengambil posisi titik menggunakan alat GPS c. Terampil menentukan lokasi pohon menggunakan GPS	Pengamatan	Penyelesaian tugas (baik individu maupun kelompok) dan saat diskusi

Penilaian terhadap penyelesaian suatu pekerjaan/ tugas yang membutuhkan kemampuan motorik peserta didik ataupun bersama berupa rangkuman hasil pengamatan aplikasi SIG dalam bidang kehutanan dan ringkasan hasil diskusi.

III. PENUTUP

Buku ini menguraikan teori dan praktek yang terkait dengan kegiatan pengukuran dan pemetaan digital, sehingga setelah Peserta didik menyelesaikan buku ini, diharapkan Peserta didik memiliki kompetensi untuk pengukuran dan perpetaan secara digital yang dapat digunakan pada berbagai bidang teknis, misalnya tata kelola ruang daerah, areal hutan dan bidang pekerjaan yang memerlukan pengukuran dan perpetaan digital untuk kepentingan studi kelayakan, perencanaan, penataan hutan serta pengelolaan manajemen bidang kehutanan.

Bila Peserta didik telah memahami isi buku ini secara tuntas, Peserta didik berhak untuk mengikuti tes teori dan praktek untuk menguji kompetensi yang telah Peserta didik miliki. Mintalah pada guru untuk melakukan uji kompetensi yang dilakukan oleh asosiasi yang berkompeten.

DAFTAR PUSTAKA

Franklin, S.E. 2001. Remote Sensing for Sustainable Forest Management. London: Lewis Publishers

Gleason, S dan Gebre-Egziabher, D. 2009. GNSS: Aplications and Methods. Norwood: Artech House

Jensen, J.R. 2005. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. New Jersey: Prentice Hall

Jensen, J.R. 2007. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. New Jersey: Prentice Hall

Ormsby. T.J. et al. 2010. Getting to Know ArcGIS Desktop. California: ESRI Press

Peraturan Direktur Jenderal Planologi Kehutanan Nomor: P.9/VII-SET/2012 TentangPetunjuk Pelaksanaan Penataan Batas Kawasan Hutan Dengan Menggunakan GPS (Global Positioning System)

Prahasta, E. 2005. Sistem Informasi Geografi: Konsep-Konsep Dasar (Prespektif Geodesi & Geomatika). Bandung: CV. Informatika.

Prahasta, E. 2008. Remote Sensing: Praktis Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Dijital Dengan Perangkat Lunak ER Mapper. Bandung: CV. Informatika.

Pusat Inventarisasi dan Perpetaan Kehutanan. 2008. Pemantauan Sumber Daya Hutan. Jakarta: Pusat Inventarisasi dan Perpetaan Hutan, Badan Planologi Kehutanan, Kementerian Kehutanan

Pusat Inventarisasi dan Perpetaan Kehutanan. 2008. Penaksiran Sumber Daya Hutan Dengan Citra Resolusi Tinggi: Dalam Rangka Pemanfaatan Teknologi

Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. Jakarta: Pusat Inventarisasi dan Perpetaan Hutan, Badan Planologi Kehutanan, Kementerian Kehutanan

Sub Direktorat Pemetaan Sumber Daya Hutan. 2012. Petunjuk Teknis Penggambaran dan Penyajian Peta Kehutanan. Jakarta: Sub Direktorat Pemetaan Sumberdaya Hutan, Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan, Kementerian Kehutanan